DRN 50 (1979)

C.1

Sexto Simposio de los Recursos Naturales

6 de Diciembre de 1979

Celebrado en
el Departamento de Recursos Naturales
Puerta de Tierra, Puerto Rico

DEPARTAMENTO
DE RECURSOS
NATURALES

MENSAJE DEL SECRETARIO

En el 1974 se celebró el Primer Simposio de Recursos Naturales. Hoy me enorgullece presentarles el compendio de ponencias ofrecidas durante el Sexto Simposio de Recursos Naturales, el primero que se celebra en el Auditorium del Departamento.

El compendio que aquí ofrecemos contiene una gran variedad de temas. Este simposio, al igual que los anteriores, contó con la participación de miembros distinguidos de la comunidad puertorriqueña. Algunas de las ponencias se proyectan hacia las esferas internacionales, pues los temas pueden ser de interés para cualquier país del mundo preocupado por el buen uso y conservación de los recursos naturales.

Espero que la información y los temas aquí expuestos sean del interés de todos ustedes.

Fred V. Soltero Harrington, Ph.D.
San Juan, Puerto Rico
Septiembre 1980

TABLA DE CONTENIDO

Environmental Impact Assessment as an Instrument of Public Policy..... 1
Jaro Mayda, Universidad de Puerto Rico

Pruebas de campo con el yerbicida DMA-2,4-D sobre el jacinto de agua, Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub., en aguas corrientes y estancadas en Puerto Rico..... 22
Leonce Bonnefil, Departamento de Recursos Naturales

Some Aspects of the Biology of the Water Hyacinth Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub..... 40
Johnny Villamil, R. G. Clements y A. Mirabel, Centro de Estudios Energéticos y Ambientales

Descripción de los componentes físicos, químicos y bióticos de seis estuarios ribereños de la costa norte de Puerto Rico..... 55
Luis Negrón y Gilberto Cintrón, Departamento de Recursos Naturales

Relación de mortandad masiva de Millepora complanata (Cnidaria, Hydrosa) con alta pluviosidad y escorrentía del Río Fajardo en Cayo Ahogado, Fajardo..... 84
Carlos Goenaga, Departamento de Recursos Naturales y Miguel Canals, Centro de Estudios Energéticos y Ambientales

Muestreo en poblaciones de vida silvestre..... 96
Julio C. Quintana, Universidad de Puerto Rico

The Current Status of Offshore Sand Resources Investigations being Conducted by the Puerto Rico Department of Natural Resources..... 101
James V. D. Trumbull y Ramón Alonso Harris, Departamento de Recursos Naturales

Ausente el manejo de escorrentía en Puerto Rico..... 111
Iván R. Emmanuelli, Departamento de Agricultura Federal

La proliferación de Psittaciformes en Puerto Rico y el problema que éstos representan..... 115
Raúl A. Pérez Rivera, Colegio Universitario de Cayey y Manuel Vélez Miranda, Universidad de Puerto Rico

Erosión en Punta Uvero..... 128
José Benedetty, Departamento de Recursos Naturales

Caracterización preliminar de los bosques secundarios en Puerto Rico..... 145
Peter L. Weaver

Fotodestrucción de freones y otros componentes polihalogenados adsorbidos en sílice como un posible lugar de destrucción de estos contaminantes..... 156
Rafael Arce y Odette Fussá, Universidad de Puerto Rico

RECONOCIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que laboraron y contribuyeron para hacer posible la presentación y posterior publicación del Sexto Simposio de Recursos Naturales y muy en especial a aquellos que fueron más allá de los requerimientos de sus funciones para hacerlo una realidad. A este respecto vaya nuestro reconocimiento a Carmen Anna Abrahamson, a Blanca E. Otero, y a Lizzette Vázquez.

Este trabajo fue editado por el Dr. Damián Folch de la Oficina de Coordinación e Integración de Proyectos.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AS AN INSTRUMENT OF PUBLIC POLICY *

By Jaro MAYDA **

ABSTRACT OF THE THESIS ***

Environmental impact assessment (EIA) is a specific form of public policy development. By practicing EIA only in a minimal or formal fashion, or not at all, governments have been depriving themselves of an essential tool for integrated social development planning--the only approach capable of correcting and reversing the negative results of conventional technoeconomic planning. Even where EIA-like analysis of development projects has been introduced, including by foreign and international aid organizations, the process continues largely underdeveloped as policy instrument and framework for the evaluation of results.

I. Overview: Highlighting the importance of the topic by placing it in its whole perspective of social policy and development planning and assessment.

"Environmental impact assessment" is used here as a generic term which covers a variety of names and procedures around the world (10,46). EIA is one of the most important and useful new concepts of social technology.[1/] There is overwhelming evidence to support the proposition that socially beneficial and sustainable application of engineering technologies depends on adequate and coordinated social policies and administration (12, 1). EIA is a technique and method of developing policies and institutional procedures with regard to such categories of engineering as physical changes in natural environment, new industrial process, energy and transportation planning, resource exploitation, and their impacts on environmental and public health.

EIA as a concept--if not also always as practice--has been a direct response to the past and still predominant technoeconomic direction of planning and development (6). On the country or regional level, technoeconomic planning professes social goals and even "environmental" concerns, sometimes lumped together under the label of quality of life. In reality, however, the social results are mostly incidental, disproportionately small or even negative. The main reason--apart from institutional-political debilities--is that technoeconomic planning is really only concerned with quantitative economic projections and results. Thus it measures its results and corrects its course (mostly towards less sanguine but still numerical economic targets) by the percentage

growth (or decline) in the total value of goods and services, translated in such crude, if not fictitious, indicators of social progress as per capita income of the whole given population.[2]

The inadequancy of economic models as vehicles for general development planning was apparent to a few avantgarde economists, such a Boulding and Mishan, already in the mid-1960s. But econometric games, simulations and projection of "hard" data--no matter how limited or incomplete--[3] into the 1980s as easily as into the 21st century, were irresistible to planners as well as to politicians.[4]

Only recently have the failures been demonstrated in sufficient quantity and range to become widely recognized. Because all kinds of planning were of this technoeconomic kind, the failures have ranged widely: from energy policies in industrial countries to agriculture planning in the Third World, to the unproductive--even counterproductive--results of massive foreign and international aid to poor countries, including the two United Nations Development Decades (1960 to 1979).[5]

Changes are now in the making, not only on the part of such major donors and lenders as the World Bank Group and the U.S. Agency for International Development, but also on the part of the beneficiaries of development aid in planning and in funds. After twenty years of experience, Africa declared collectively in the Lagos Plan of 1980 (looking to the year 2000) that a complete "reorientation" was needed.

The particular Lagos guidelines--as well as most of the reform thinking in other parts of the world--are still economic only. Changes in concepts and structure are indispensable[6] to produce a direction for a reorientation which could at least keep pace with the problems and result in a holding pattern, until adequate models for whole social (including socioeconomic) development could be designed and elaborated according to local data, needs and goals.[7]

A switch from sectoral economic models to whole-system models of social planning (with economy as an important sector and one performance indicator, but not more) will inevitably shift the focus of public policy on the availability, cost, uses and abuses of all resources in the perspective of human and social needs and aspirations.[8] The <u>integrated</u> assessment which this kind of policy development for decision making implies, requires four major inputs: <u>technology</u> assessment, evaluation of <u>economic</u> feasibility and benefits, <u>environmental</u> impact assessment, and the total <u>social</u> cost/benefit evaluation.

At the present state of the art, EIA is in fact the first among these "equals". Properly executed, it not only provides the environmental input as such, but synthesizes the other inputs in the combination and proportions indicated by the kind of project, program or problem being assessed. This is the function that makes EIA an exercise in policy research and development. The greater the scope of the project or program which is subject to EIA, the closer the environmental assessment is to an integrated assessment.

II. The initial definition of the indicated approach to environmental problems and the legal codification of EIA were focused on comprehensive policy analysis and development.

After this brief orientation concerning the place and function of EIA in the whole framework of social development and planning, we can now turn to the specific topic of this paper.

If the title and the introductory synthesis imply that the process of EIA has not been in practice an instrument of public policy, the reasons are neither in the philosophy of the concept nor in its original legal expression.

The need for a system approach pivoted on comprehensive policy development for decision making was identified and expressed in the paradigm of ecomanagement in the early stage of the contemporary concern about better management and protection of environmental resources (3, (1967) 110-143). The premises and elements of such an environmental policy were codified in the U.S. National Environmental Policy Act (NEPA) of 1969.

This legislation (i) identified the "world-wide and long-range character" of the problems, (ii) recognized that the proper system for planning and management is the human environment, and (iii) directed that the policy of NEPA be incorporated into practice "to the fullest extent possible" through "a systematic, interdisciplinary approach to planning and decision making", with the help of "environmental impact analysis and statement."

Various combinations of the ecomanagement/EIA approaches have been reflected since then in national legislations, programs or guidelines of international development aid agencies, and in national planning and research documents (10, 104). The underlying concepts and operational sequences are grounded in the nature of the thing and are therefore axiomatic. The progression from data to decision, presented in greater detail below (Sec. VI), is in fact a social algorithm. It differs from the algebraic variety mainly in that the series of steps

from a social problem to a solution is not prescribed by formal logic, but is determined empirically.

III. The deformations and failings of EIA in practice

As distinguished from the formal logic of the mathematicians and the empirical logic of the scientists and applicators of scientific information, including policy analysts, the practitioners of politics tend to prefer still another variety, which might be called political logic. It looks like the classical aristotelian syllogism, with a difference: the "conclusion", most often an a priori hunch decision about the desired result, becomes in the political logic the "major premise". There is obviously little room in this scheme for the "minor premise," including an independent analysis of the problem and of the data on which the conclusion is supposed to hinge.

The practice has not been always that crude, indeed.[9/] It cannot be where there is an express legal obligation to go through EIA under specified circumstances. But the decisional discretion is wide; the law can be made effective only where parties objecting to an EIA, or trying to make the government practice it before a project is decided upon, have access to courts. Moreover, a substantial portion of the judiciary must be informed and sensitive to these problems. This has been the case only in one jurisdiction in the world, the U.S. federal judiciary.[10/] Even so, ways and means have existed to neak project approvals in after adverse judicial decisions. In one recent instance, the Telico Dam case, this was done through a congressional budget rider.

This "snail darter" fish case illustrates also the pitfalls of a legalist approach to EIA, instead of the comprehensive policy analysis required by the letter and spirit of NEPA. The case was argued and decided on the narrow basis of a federal act protecting endangered species. This was only one and probably the least important factor in the case, since the species could be saved by being resettled in a comparable habitat. A complete EIA would have analyzed and evaluated the apparaently grossly negative total cost/benefit ratio of the project, weighing such factors as the little need for the power to be produced, the extensive loss of fertil agricultural land, the major disrumption of long established human settlements, etc.

In sum, it is not incorrect to say that despite the impressive number of EIAs and the massive information they have gathered, the importance of the process has been less in the real development of policy analysis and alternative better ways of doing things, than in providing a judicial remedy. Courts were again made into ad hoc policy makers,

the language of NEPA being comparable in generality and scope to constitutional language. Law making through decisions, though inevitable and welcome where necessary, is incidental and fragmentary. Thus courts could only deal with concrete complaints as presented in specific cases, not develop the institution of EIA into a systematic policy instrument.

The U.S. Council on Environmental Quality, the agency created by NEPA to administer and supervise the act, undertook in 1975-78 a massive analysis of EIA, with wide public input (1) and came out with amended regulations (2) based on these main generic points of critique.

1. Lack of uniform standards.

The new 1978 regulations replaced seventy separate and different guidelines, developed since 1970 by so many federal agencies which implemented the EIA mandate within their jurisdiction. This point would not necessarily deserve to be mentioned first, if it did not illustrate a worldwide need--identified and illustrated already in 1967 (3, 25)--for "right hand knowing what left hand is doing; both hands doing what the brain tells them; and the brain sending out the right signals."

The fragmentation of agencies and responsibilities within national governments, as well as within and among international agencies, has been impeding the development and execution of integrated (or simply coordinated) policies with regard to even one resource (such as water) or concern (public/environmental health or urban transportation), not to speak of such more complex matters as coastal zones, shared natural resources or international development assistance.

2. Excessive data orientation and voluminousness

It was found that in all kind of EIAs--from the most site-specific to the broadest programatic (for example those dealing with proposed regulation of whole areas of activities such as toxic waste management) there was typically a serious disproportion between the three major components: data, policy analysis, and alternative recommendations, where indicated. Some EIAs were essentially engineering, technological, geophysical, etc. feasibility studies, with only a minimal content of environmental and social data (as little as three per cent of the text volume[11]) and even less analysis thereof. The general emphasis was on accumulation of data to satisfy mechanically the pattern explicit or implicit in the guidelines of the lead agency, with no concern for relevance[12] and with the assumption that only quantified data were important. The mode was descriptive. Volume was a substitute for analysis[13]. The grand manner intended and

mandated by NEPA deteriorated into gross thickness[14/]. The costliness of such procedure was a major point of international criticism of the EIA concept (10, 46). The 1978 CEQ guidelines limit the impact statements normally to 150 pages, reducing it to one-half from the maximum size recommended in the 1973 guidelines.

3. Lack of developing real policy altarnatives.

This weakness of the process (already noted above, but separately stressed in the CEQ evaluation) has had two major sources which reinforced each other. One is the inevitable tendency toward bureaucratisation. Once something becomes a legal obligation, it must be futfilled with sufficiently good appearances and in such form as to create a minimum of administrative problems. The answer is a decent loooking EIA which may raise some questions, but on the balance neatly supports the proposal as presented.

The other source of this weakness is simply a lack of specialized competence in policy R & D, sufficient to produce alternative analysis and solutions. Several factors have contributed to this underdevelopment:

(i) The conviction that sufficiently complete "hard" data can lead more or less derectly to solutions. This may reflect the well known fact that, in formal logic, the major premise predetermines the conclusion. In the less neat and much more complex real world, it is also true that the question predetermines (or at least limits) the answer. But the point is that in situations other than the simplest and most straigh-forward engineering tasks, the given set of scientific-technical facts can lead to different or broader/narrower problem formulations, largely because of external factors such as circumstances, institutional capabilities or differences in values and perceptions. The braking effect on policy-oriented EIA which scientists (particularly also ecologists) have exercised in this context is quite comparable with the negative role of the technoeconomic planning approach as discussed above.

(ii) The related failure to distinguish the predictive nature and aspirations of scientific or technological analysis and models from the decisional purpose of policy analysis and models (9).

(iii) The resulting diletantism in dealing with the transformation of the "raw" data into policy/decisional data, which becomes necessary as soon as one begins to think in term of possible applica ions and solutions.

At best, the policy "development" has resulted from the reaching toward each other by those who have the information (the scientists/data generators) and those who need to find possible solutions (bureaucrats or political decision makers). At worst, policy has been defined and practiced on basis of simplicist, if not also incorrect dictionary definitions[16].

(iv) The lack of recognition of the separate and specialized nature of policy development has generated instant policy specialists applying directly (or with only minimum adaptations) their background in economics, planning, operations research, management, or information processing[17].

(v) The related facile use of policy vocabulary which substitutes for real policy analysis and verbally covers up this deficiency[18].

IV. Two major obstacles to policy-oriented EIA are "built-in": a narrow conception of "environment(al)" and the accessory status of EIA. Both tend to give it an adversary character.

EIA as instrument and function of public policy (that is as the main stage of integrated assessment and planning) has been almost inevitably victimized by 1) its very name, and 2) by the sequence proposal-EIA. This sequence is expressed legally in NEPA and similar legislations or administrative orders in other countries, but it appears inherent and "natural." Do you not first have to have a concrete project or design before you can assess it?

These factors and the adversary relationship between "environmental" concerns and technoeconomic activities are so closely interrelated that they can be separated only for conceptual analysis.

"Environment" was defined early as the total of resources on which human societies depend for survival, economic activities and general welfare (3). This was expressed by terms such as "human ecology" and "human environment" (NEPA, U.N. Stockholm Conference, 1972). Later a more technically precise term "human ecosystem" was coined (5; 6; 7). However, the most immediate new concern was, indeed, the protection of the environment against pollution. That was almost inevitably reduced to problems of wastes generated by industrial production and consumption, and by urban auto traffic. "Environmental" became reduced to--and is still widely understood as--the equivalent of basic renewable resources subject to pollution.

So reduced, environmental concerns became, indeed, adversary to the existing uses of resources for economic purposes

whithout regard of the so-called external costs (that is, non-production, environmental, social, etc. costs). The sterile conflict "Development v. Environment" was raised on a global scale[19] and has persisted in much of practice, despite the enlightened (and, one hopes) growing reaction and at least some attention by political decision makers the world around, most of it stimulated by the somewhat pelated awareness of international development aid organizations[20].

But an even greater weakness of the EIA process is structural. EIA came into being as a supplement to the conventional and too limited cost-benefit analysis of public and private activities involving the use of, or changes in the so-called common property resources. It was conceived as something accessory to the main body of technoeconomic activities. This status of being tacked on to an already designed proposal (that is, one involving already considerable investment of all kinds) has been the main cause that prevented EIA from becoming an integral part of project planning or problem solution. Instead, EIA was often reduced to a superficial analysis appended to undigested descriptive data. This procedure could not produce any real alternatives to what was proposed. In fact, it limited a priori the scope and effectiveness of possible negative evaluation by reviewing agencies other than the proposing or sponsoring agency. Any major disagreement by a reviewer required practically the preparation of a second EIA --a contingency impractical in terms of time and cost. Only the judicial venue was left.

V. Elements of the policy R & D model for EIA

The main implication of the preceding reasoning is this: if technoeconomic considerations are not to be the driving, if not exclusive, force in decision making (as it is under the "old" model only moderately amended by the past EIA practice), EIA must be practiced as a species of policy R & D.

This policy process must begin at the moment when the eventual social application or implications enter (or should enter) the development of the project, that is when the concept passed the stage of purely technical and related financial considerations. This moment will vary considerably according to the subject matter. At one extreme is the case of an untried technology such as, for example, OTEC (ocean thermal energy conversion). The purely technical feasibility must be established before any integrated assessment with the help of EIA becomes practical[21]. At the other extreme would be (to select an enterprise of comparable social scope and utility), for instance, urban rapid transit planning. Here the problem is from the beginning not technological feasibility, but the most useful selection and application. Consequently, broad policy analysis must intervene from the outset, as it

is likely to influence the concept and broaden (that is, probably favor) the economics of the project[22].

The full policy analysis and development include these main stages:

(i) The possible redefinition of the problem in terms of the social need or interest of the proposed activity;

(ii) Assistance in the development of an adequately complete data base (resources, engineering, economic and external cost, social impacts and benefits);

(iii) Documented and justified (alternative) recommendation(s) to decision makers.

Throughout all these stages, in varying degrees indicated by the subject matter, a good policy analyst acts as a "specialist in generalization", that is, a selector and synthesizer. His expertise is also by definition on the social-governmental side. Even the simple fact that his professional background and experience are different from the designers of the proposal being assessed is likely to stimulate the raising of questions of substance, beginning with the first stage, the definition of the purpose.

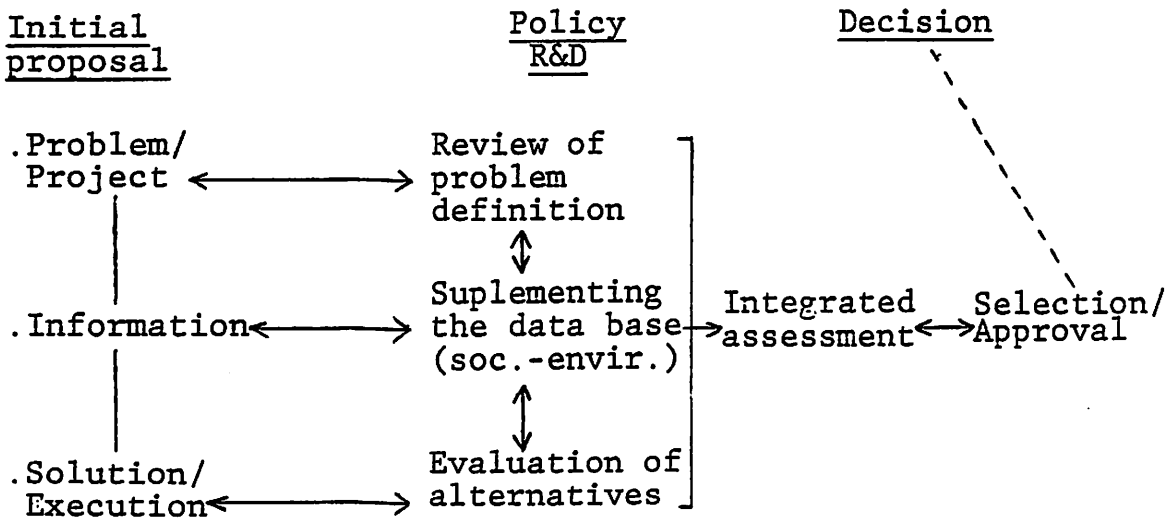
This "new" model is really quite old[23], since it is simply a particular form of rational problem solving (12, 1, 26, 29) using a methodology of what may be called in contemporary terms "applied social system analysis."[24]

To highlight the differences, the two models can be schematized as follows:

The "old" model

Proposal based on technoeconomic data & analysis ——Environmental impact?——→ Decision/ Approval

The "new" model



There is more detailed schematization of the policy model in the Appendix, as actually applied to a complex problem involving energy, transportation, social demand and behavior, and environment. This scheme represents the basic structure of an integrated EIA. The "policy options" listed there as the output fall into three categories: Favorable recommendation; recommendation of modification(s) or alternative(s); negative recommendation. (These and other details are omitted in the schematic figures to keep them simple.)

VI. A practical example of influence on the quality of decision making.

The practical difference between the two models can be illustrated by the following example. Let us suppose that country or state X discovers that it may have substantial copper ore deposits. The procedure is likely to involve these major considerations and steps:

"Old" model	"New" model
1. Feasibility (geophysics, engineering, opetations)	1. Same
2. Economics (total estimates of quantity and value; refining, processing and manufacturing alternatives; expected benefits for the local economy)	2. Same, but expanded into an integrated assessment considering in addition to a) the exploitation economics, also:

3. World market (supply/ demand projections; prices--including incidental recovery of other valuable metals)

4. Decision contingent on 3.

5. Environmental assessment, if decision under 3 and 4 is favorable, before final exploitation approval.

b) socio-economics, e.g.,

(i) the alternative possibility of intensive manifold agro-development of the region (feasibility established; GNP product estimated at $165M/year in 1973);

(ii) the related social rehabilitation of a zone of major unemployment and urban migration;

(iii) the relative labor intensity of the mining and rural development alternatives;

(iv) the contribution to food production, considering that

- X is potentially self-sufficient, but imports more than 60% of its food needs,
- X is likely to double its populations during the 30 years of the projected mining;
- Worldwide trends indicate the possibility of decreasing per capita food supply available through market or aid.

c) environmental assessment in the specific sence, especially:

- possible adverse impact on ground water in adjacent agricultural plains and urban areas;

- the past record in the matter of public maintenance and monitoring of water quality;

- the potential toxicity of the wastes combined with the environmental "Murphy law": If the environment can be polluted, it will be.

3. If the preceeding integrated assessment of the local factors is favorable to the mining exploitation, add the decisional factor of the world market projections.

4. Decision according to 2. or 3. above.

In the "old" model of decisional process the outcome is predictable. EIA comes at a moment when it cannot be effective. If negative, it would wipe out major investment in time, money and governmental public relations. It will be, therefore, phrased in terms admitting the dangers, but concluding that protective technology and monitoring procedures are available.25/ Numerous examples in the U.S. and elsewhere show (also in other areas of resource exploitation) that once an enterprise starts, it will not be stopped because environmental protection is not practiced with sufficient rigor, especially when substantial government income in royalties and taxes is involved.

In the "new" model, on the other hand, the decision can not be predicted because of the many variables. The only thing certain is that a particular project will be considered within the whole appropriate framework of long-term social interests and development. That does not exclude bad decisions, but it makes them much less likely. The additional bonus is the progressive refinement-through-practice of the policy process, as well as the contribution to the framing of sectoral policies--such as agriculture in the preceding example.

VII. In conclusion

The purpose of this paper has been to show how the originally intended uses of environmental impact assessment as an instrument of integrated policy analysis can contribute to better decision making. Considering the extraordinary momen-

tum and adaptability of human ecosystems, poor(that is socially too narrow)decision making can continue for a long time. But the results show eventually, the later the worse. The point need not be dramatized beyond recalling, as one example, the reference already made (note 2 above) to the failure of Operation Bootstrap to resolve even economic problems proper, while contributing to a substantial deterioration of the socio-environmental complex.

NOTES

*Based on oral presentation at the 6th Simposium of Natural Resources, San Juan, 6 December 1979. Updated, where indicated, to July 1980.

The following system of annotations is used in the text: Underscored numbers in parentheses refer to the appended bibliography; where necessary, they are followed by plain page number(s) or other symbols which specify the reference. Superior numbers identify the appended notes.

**Professor of Law and Public Policy, University of Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 00931; Senior Research Associate, Center for Energy & Environment Research, UPR/DOE; former director (1972-76), Institute for Policy Studies & Law, UPR. Adviser to various U.N. agencies.

***This abstract and the introductory overview contain several high-level generalizations. These are derived from empirical studies and reports, some of which are cited in the paper. The purpose of the worldwide selection of illustrations is intended to indicate the universality of perspective--and of the common elements of analysis and approaches to dealing with these problems more effectively. Examples and references are selected with the sole intent of illustrating concretely the generalized propositions, not of specific criticism. This is in line with the purpose which is to contribute to better public decision making in important social matters.

A more detailed elaboration and illustration of the policy model which is central to the argument of this paper can be found in the author's study "Policy R & D: An outline of methodology" (number 12 in the appended bibliography).

1/ Even such humanistic technologues as Buckminster Fuller have had difficulty in overcoming the narrow meaning of technology. See this mid-1980 statement: "I'm not optimistic, but I do see how, with engineering, we can do so much with so little. I see a design revolution that could take care of all the people...." There is no implication in the statement or context of the role which such factors as institutions, values, social systems, and rational resource management would have to play in

the "design revolution." Although the topic and scope of this paper does not allow an elaboration, it should be at least noted that Puerto Rico represents an almost perfect universal example--that is one that reflects also the so-called underdeveloped majority of the world--of the need for design changes particularly in the social and institutional sphere.

2/ Puerto Rico offers two outstanding illustrations of technoeconomic planning and of the misleading indicators by which this planning measures its success:

(i) The narrow philosophical base of "Operation Bootstrap;" see in more detail (3, 159f.); (ii) The lack of meaning of GNP growth figures as an index of the overall as well as individual quality of life. In the early 1970s, the Puerto Rican GNP was growing at a rate of more than 10% a year, while the resource base and such indicators as security (persons, property, traffic accidents), quality of air, water and services (including education and health delivery--deteriorating or getting out of reach costwise), poor land use and policies (affecting interests ranging from the rehabilitation of food production systems to tolerable collective transportation), congestion and noise, etc., in short practically everything except luxury shopping malls, were and have been since in an accelerated decline. (This decline was only accentuated, not caused, by inflation and growing energy cost). As contrasted with per capita income, the "real progress index" (4) was barely above zero ten years ago, and became negative in the early 1970s.

Comparable examples of this kind of development planning range from such OPEC members as Nigeria and Venezuela (see the very unfavorable 1980 report to the Venezuelan government by economist Meir Merhav) to resource-rich Brasil (the critics range from ecologists to John Paul II.) to countries like Senegal--poor but potentially viable under comprehensive social rather than merely economic development planning.

3/ The deceiving "precision" of planning numbers can be illustrated by this example--one of scores of available ones: A West African country began its series of four-year plans with the assumption that population growth in the 1960s would be exactly 1.92%. This estimate was adjusted in the 1970s to 2.6%. The actual rate was about 3% throughout the two decades--an error of some 20% or 1 million people more to feed, educate and employ than the "hard" planning data projected. In the U.S. non-planned system, the 1970 census undercounted the population by some 5 million, or about 2.5%.

4/ The perhaps best known result of such modeling is Limits to growth (1972). It is a valid critique of the "cowboy approach" to resources. Its general thesis-conclusion is probably correct. But a model from which we could learn, or which we could even use for policy development and planning, would have to be much more complete in inputs and more sophisticated in their systemic relations. See the reference to the ecosystemic characteristics of the human/natural resource systems (which is just a technical description of living human societies) in Sec. V.

5/ All the adverse elements of development planning and aid came together in such areas as Sahel. Their effects were merely worsened not caused, by the cycle of drought; in turn, this "planning" have made the drought more intense and longer-lasting. Unofficial opinion of some agricultural experts holds that areas such as the Senegal River valley would produce more food today if they had been left alone by domestic and foreign development promoters. In Puerto Rico the effects of development between 1950 and 1975 are such that, even without the climatic problems, the deteriorating system can function only with massive federal cash flow. In line with the narrow economic approach and philosophy, the call has been almost everywhere for "throwing-more-money-at-it-Sam." But see the following text.

6/ The difficulties can be illustrated by the lack of success, or even of an articulate intent, to break out of the Fomento mold and state of mind in Puerto Rico, long after this era had in fact come to an end.

7/ A term which is catching on with reference to the Third World is "self-centered development". This conception may be influenced too much by the goal of national/regional self-sufficiency in food production to be able provide a direct route to integrated social development models.

8/ Although high enough individual incomes can buy many needs and aspirations, per capita income could never be high enough even if all these needs could be expressed in monetary terms.

9/ See the various variants in (12, 11-13).

10/ Almost 500 cases were decided in the first five years of NEPA. These decisions extensively fleshed out the general policy directives of the act. In the ten years since the corresponding Puerto Rico Law 9/1970 was passed, less than a dozen cases were decided, many of them on preliminary questions of standing and procedure. In a typical case involving questions of substance (the La Parguera Squatters case), the issue was framed and argued so as to give the

Supreme Court a welcome way out of having to decide against powerful vested interests. Here as elsewhere (e.g., in the Vacia Talega case) Puerto Rican human environment was protected against its own government by the assertion of federal jurisdiction over coastal waters. Where this shield was not available, one agency could push through projects on the basis of privately prepared EIAs against the strong advice of other agencies. Thus, for example, an urbanization project, for which a substantial area of land suitable for irrigation agriculture (such as rice) had to be filled in to the heigh of some 2 meters and thus irreversibly lost, was approved in spite of unanimous objections by the Puerto Rican and the U.S. Departments of Agriculture, and by the P.R. Environmental Quality Board. A complete EIA would have also evaluated, probably negatively, the location of the urbanization from the viewpoint of urban sprawl, transportation requirements and--this was after 1973--the related energy costs.

In a completely different and yet analogous case, the Jerusalem Planning Commision approved in 1979-80 a massive project of commercial development, expressway and underground parking adjacent to The Wall, despite a unanimous engineering, archeological and human environmental objections of other government agencies and citizen groups. Subsequently the project was scaled down in what may be a temporary tactical retreat. Int'l Herald Tribune, 19 July 1980.

11/ This represents 30 pages out of a total of 1300 pages in a typical EIA dealing with one area (about 4 million hectares) on the Outer Continental Shelf off the Atlantic coast of the United States, proposed for oil and gas exploration/exploitation leases (9, 4-5). Another example of the marginal status of EIA is "A handbook of key federal regulations and criteria for multimedia environmental control" (an inter-agency report prepared by the U.S. Environmental Protection Agency, August 1979). It covers the question of environmental impact statements on two pages of the almost 200 pages of the text; and it cites the old CEQ guidelines (1973) eight months after the 1978 uniform regulations were published in the Federal Register.

12/ See, for example, the long statements on political-legal history in coastal-zone-management or oil-exploration EIAs, where only a succint statement about the status of jurisdiction over the given area is relevant.

13/ This mode is not limited to EIAs. See, as one recent example, this descriptive headline: "Fat study on island's organized crime proves thin on findings." The article went on the state that "the 361-page report...makes no attempt to put criminal activity in any type of perspective ...The section on findings and recommendations, which

many felt would be the core of the report, covers only 20 pages" (S.J. Star, 26 Feb. 1980).

14/ A record of sorts must be the EIA concerning the Louisiana Offshore Oil Port (LOOP), 1977, which consists of 30 volumes. The emphasis on quantified data has not always guaranteed that even this segment will be complete. For example, the data base of the U.S. National Energy Plan of 1977 did not include a relatively hard data: the opinion polls (usually within a 3% margin of error) indicating that the majority of Americans did not know or did not believe that there was any energy crisis. Consequently, the policy justification in the plan of energy conservation measures as "the moral equivalent of war" was philosophical, not analytical.

15/ Some studies in the UNESCO "Man and Biosphere" series come to mind.

16/ In an example which is particulary significant because the study was sponsored--i.e. also reviewed before being released--by the National Science Foundation, policy was defined as "a course of action" ("A technology assessment of geothermal energy resource development," 1975). This definition--and the analysis based on it--fails to distinguish between policy as a possible or recommended directive, and the direction which is in fact selected (3, 114). See the general lack of precision in the use of the world policy and of related terminology in (12, 9-10).

17/ The discrete nature of policy development as a new specialty in generalization was identified already in (3, 10).

18/ One of the more outstanding recent illustration is the "Plan de desarrollo integral" (P.R. Planning Board, 1978). The lack of policy substance, as distinguished from semantics, shows immediately in the structure of such a document, especially in the lack of ordered and justified priorities, as well as the incomplete coverage of individual sectors. For example, in a historical era when mass transit must go sooner or later back on rails (that does not mean underground), the "Plan" does not even mention this alternative.

19/ The principal document is the Founex Report on Development and Environment, prepared in 1971 for the U.N. Conference on the Human Environment (Stockholm, 1972).

20/ The World Bank published its environmental guidelines in 1974. The U.S. foreign assistance agencies followed, some of them only after court orders based on NEPA.

21/ The integrated assessment of OTEC systems, after the technological feasibility has been established, will involve

and impact at least the following:

- . Power production, marketing and distribution
- . O & M (Operation & Maint'ce)
- . Interaction with the immediate ocean environment
- . Siting and transmission via-a-vis the coastal zone
- . Possible effects on micro and macroclimates
- . Food production (mariculture)
- . Water desalination
- . Energy-industry complexes (metallurgical, chemical)
- . Their operation and impacts
- . Standing and new socioeconomic factors
- . Energy and other supply/demand balances
- . Legal-regulatory-institutional arrangements
- . The C/B "bottom lime" (13)

22/ In a critical analysis of the "Metro" planning for San Juan, the framework for policy analysis was summarized in these words: "...the San Juan transit problem is... a problem of allocation and management of the total resources--human, energy, environmental, economic--in other words an ecomanagement problem...In this framework, the scattered pieces seem to fall in place enough to make possible the threshold decision (in favor of a system based on light rail). The ball is them back in the technical planner's court" (8; reprinted in 14, Appendix A-2). This is also an example of the contribution of policy analysis to the technical redefinition of the given proposal or issue as discussed in the subsequent text.

23/ See (3, 110-143).

24/ The wide applicabiliby can be illustrated by the bibliography in (12), items 15 to 29.

25/ A "classical" example is the recent assessment of environmental effects of the proposed development in the Senegal River Basin. This is a very detailed and relatively independent EIA, volunteered and funded by US AID as technical assistance to the regional international organization in charge of the project (OMVS). The conclusion on page 6 of the executive summary states that "In taking into account the action plan to mitigate...(the) major adverse impacts, no reservations are made in recommending...(the) plan..."Not only does no political decision maker read beyond this point, but the crux of the action plan (pp. 167f.) is the need "to create and strengthen public institutions to carry out the environmental action within OMVS and the member states." Neither the past record nor the most favorable expectations warrant the conclusion that the governments involved (as well as other 150 governments in the world) have the capability and the will to undertake the necessary environmental protection measures

of a magnitude which matches the scope of the engineering works and the economic cost of the project. See also note 5 above.

BIBLIOGRAPHY

1. U.S. Council on Environmental Quality. Environmental impact statements: An analysis of six year's experience by seventy federal agencies. Washington DC, 1976.

2. _____. National Environmental Policy Act--Regulations. Implementation of procedural provisions. Federal Register, 43: 55978-56007, 28 Nov. 1978.

3. Mayda, J. Environment & resources: From conservation to ecomanagement. Río Piedras P.R., 1967, 1968.

4. _____. "Real progress index." Project design, Institute for Policy Studies & Law, University of Puerto Rico. 1973.

5. _____. "The legal-institutional framework for environmental resource management (ecomanagement). "Introductory discussion paper, Colloquium IALS/UNESCO (México, D.F., 1974). In: Legal protection of the environment in developing countries. México (UNAM) 1976.

6. _____. "Ecology of change: Toward planetary ecomanagement." Keynote address, International Environmental Symposium III- Creating the future: Agendas for tomorrow (EXPO'74, Spokane WA). Columbus OH (Batelle Inst.) 1975.

7. _____. "Ecogestión: Administración del medio ambiente percibido como ecosistema humano." Discussion paper, Regional consultatuve meeting of Experts on Environment and Development. Bogotá 1976.

8. _____. San Juan Transit: Outline of a policy analysis for decision making. Río Piedras PR (CEER), October 1977.

9. _____. "Environmental impact assessment." Discussion paper. Meeting of experts on the legal aspects of pollution resulting from exploration and exploitation of the continental shelf and the seabed in the Mediterranean. IJO/UNEP. Rome 1978.

10. _____. Manual on environmental legislation. UNEP/IALS, 1979.

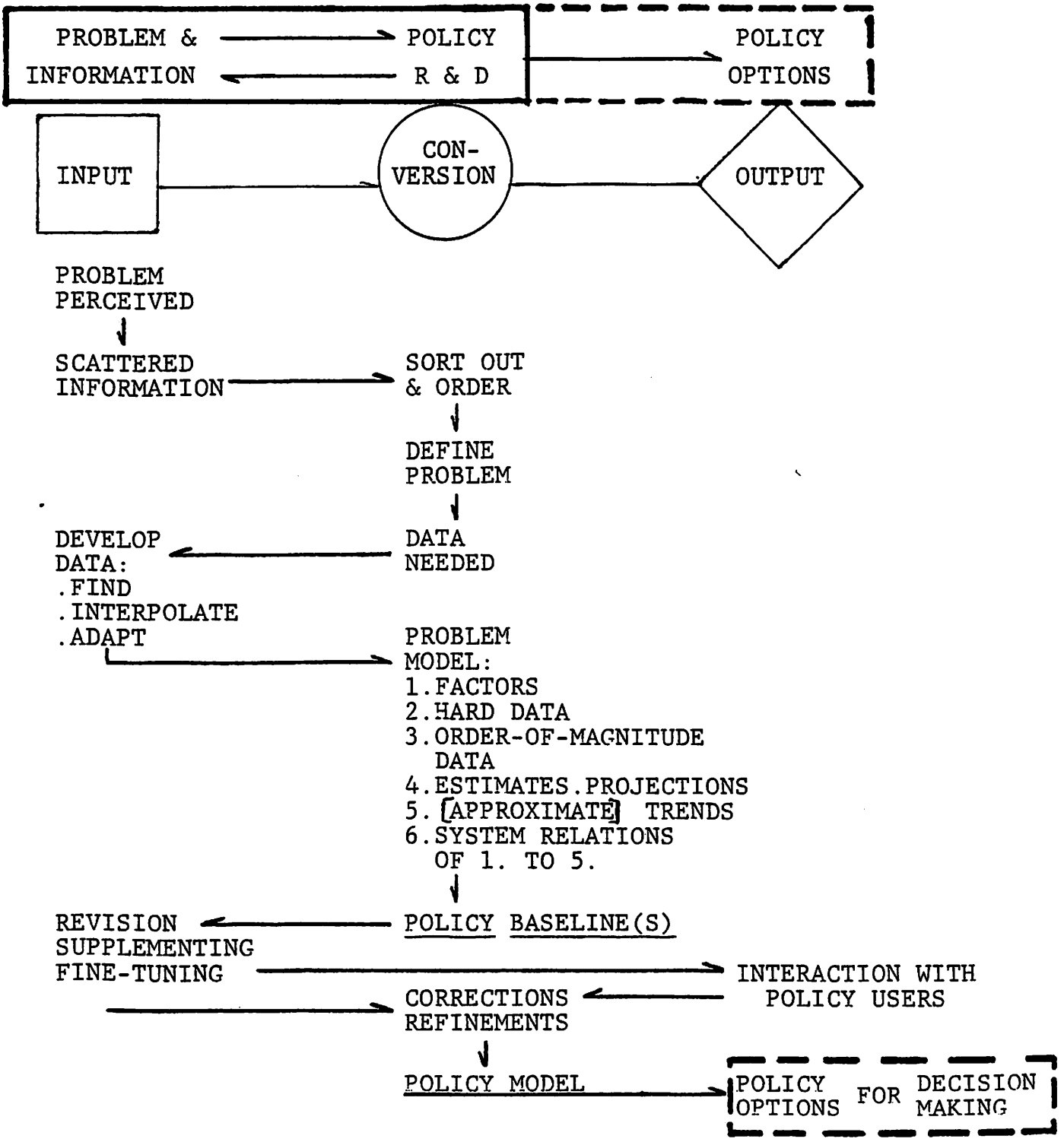
11. _____. Energy conservation in transportation in Puerto Rico: A policy study. Río Piedras PR (CEER), Sept. 1978.

12. _____. Policy R & D: Outline of a methodology with reference to decision making in the fields of energy, transportation and environment. Río Piedras PR (CEER) Aug. 1979.

13. _____. Policy R & D for OTEC. (Outline prepared with reference to the 7th Ocean Energy Conference, Washington DC) 1980.

APPENDIX

Typical steps and sequence in policy R&D



Source: (12, 17). This scheme represents the actual steps and sequences in the transportation energy conservation study (11) down to the level of "Policy baselines."

PRUEBAS DE CAMPO CON EL YERBICIDA DMA--2, 4-D SOBRE EL JACINTO DE AGUA, EICHHORNIA CRASSIPES (MART.) SOLMS-LAUB., EN AGUAS CORRIENTES Y ESTANCADAS EN PUERTO RICO

Leonce Bonnefil
Area de Investigaciones Científicas
Departamento de Recursos Naturales

RESUMEN

Tres (3) concentraciones de DMA-2, 4-D se aplicaron en el Río Guajataca (agua corriente) y en el Lago Dos Bocas (agua estancada) sobre masas de jacinto de agua, Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub. con el fin de evaluar el posible impacto de este yerbicida, en su nivel mínimo de eficacia, sobre la flora y la fauna de estos cuerpos de agua.

Se analizaron muestras de agua, de sedimento, de plancton y de organismos invertebrados y vertebrados. La concentración promedio detectada fue entre 0.0059 y 0.02 ppm para agua y entre 0.011 y 0.04 ppm para sedimentos. En organismos no sobrepasó el nivel de 0.05 ppm.

Aparentemente, el 2, 4-D a la concentración en que se usa en el control del jacinto de agua, no se mostró tóxico a organismos invertebrados o vertebrados; se difundió rápidamente en la columna de agua y no se magnificó en la red alimenticia del río o del lago.

Introduccción

Anualmente en Puerto Rico se forman grandes masas de malayerbas en los cuerpos de agua dulce. Estas acumulaciones de maleza se producen al nivel de las represas, de los recodos de los ríos y en las desembocaduras de éstos. Los problemas que ocasionan dichas concentraciones de plantas acuáticas afectan la pesca, la navegación, el riego, y el uso del agua para el consumo humano, del ganado, la recreación, y la salud pública. Sin embargo, la remoción de esta maleza acuática representa una tarea de envergadura tal, que se debe comparar cuidadosamente la cantidad de trabajo envuelto y su costo, con los beneficios reales que pueden resultar de esta acción. Por otra parte, se debe reconocer que no hay hasta ahora método de control alguno que dé resultados satisfactorios y duraderos.

Un método barato de destruir las plantas-plagas, y fácil de realizar, es la aplicación de yerbicida. Este combate químico adquiere un interés especial en Puerto Rico donde las plantas indeseables, en muchos casos, se multiplican en sitios retirados, difíciles de alcanzar con máquinas cosechadoras.

De los compuestos químicos disponibles en el mercado el más eficaz contra el jacinto de agua es la sal de dimetil amina del conocido 2,4-D (2,4-dicloro fenoxy ácido acético).

Este producto fue registrado por la EPA en 1975 luego de múltiples investigaciones cuyos resultados indicaron que el plaguicida era sólo moderadamente tóxico. Cabe exponer algunos de estos resultados. Desde 1962, P.A. Butler había indicado que los yerbicidas son generalmente menos peligrosos que otros plaguicidas para plancton, crustáceos, moluscos, y peces. Mientras los microorganismos podían ser suceptibles a yerbicidas, los demás eran considerablemente más resistentes. Posteriormente O.M. Aly y S.D. Faust (1963) determinaron que la degradación bacteriana del 2,4-D era mucho más lenta en agua que en tierra (35 a 65 días vs 15 días). Una temperatura alta del agua, sin embargo, aceleraba de manera significativa la biodegradación del yerbicida (6 días contra 80 días en agua fría)

J. Joyce y H.C. Sikka (1975) no encontraron correlación entre la cantidad de 2,4-D en agua y en organismos, y las cantidades del yerbicida aplicadas en el Río St. Johns en la Florida, indicando que no hubo acumulación del compuesto. Los niveles de 2,4-D en la cocolía (Callinectes sapidus) fueron muy por debajo del límite de tolerancia de este cangrejo.

T. Duke (1969) determinó por medio de bioensayos la toxicidad aguda de varias fórmulas de 2,4-D en organismos estuarinos incluyendo a crustáceos, moluscos, y peces. El nivel de toxicidad fue muy bajo para todos los animales. El nivel de yerbicida que no produjo ningún efecto ("no effect level") fue de 5 ppm para la cocolía (Callinectes sapidus), 1 ppm para la ostra oriental (Crassostrea virginica), y 15 ppm para la jarea (Mugil curema), al final de una exposición de 48 horas. El mismo autor reportó que peces que recibieron alimento conteniendo hasta 100 ppm de 2,4-D acumularon residuos del yerbicida en sus tejidos pero que estos residuos desaparecieron después de 2 semanas. Los peces fueron examinados microscópicamente por posibles daños patológicos. Los tubos renales mostraron hipertrofia, la cual sin embargo, no fue irreversible. El crecimiento de las algas unicelulares se detuvo a concentraciones entre 50 y 100 ppm. El crecimiento de las plantas marinas Thalassia testudinum ("turtle grass") y Ruppia maritima ("widgeon grass") no fue afectado por concentraciones de hasta 50 ppm de 2,4-D, absorbido en arcilla mezclada con la arena de los tanques. Concluyó el autor que el yerbicida en todas sus fórmulas, pero más como ácido ("technical acid") y sal de demetilamina ("dimenthylamine salt") tenía baja toxicidad aguda, pocos efectos crónicos discernibles, y no era persistente ni tampoco acumulativo en las cadenas alimenticias.

C.A. Rodgers and D.L. Stalling (1970) estudiaron la toma de 2,4-D en forma de éster (Butoxyethanol ester) por la trucha (Salmo gairdneri), el barbudo (Ictalurus punctatus) y

la chopa (Lepomis macrochirus); encontraron que el yerbicida se hidroliza más rápidamente en la presencia de peces. A medida que el 2,4-D iba aumentando en los tejidos de los animales, disminuía en el agua. Aumentaron los residuos en los tejidos hasta un nivel máximo y luego desaparecieron. Esta eliminación se hacía mucho más lentamente en la vesícula biliar. Aparentemente exixtía en los peces un mecanismo de eliminación cuyo principio no se conoce.

D.P. Shultz (1973) había hecho un estudio similar con DMA-2,4-D. Corroboró la toma de 2,4-D por los peces y su descomposición en metabolitos. El nivel del yerbicida en el agua bajó a 0.1 mg/l después de 35 días y a 0.1 mg/kg después de 14 días en sedimentos.

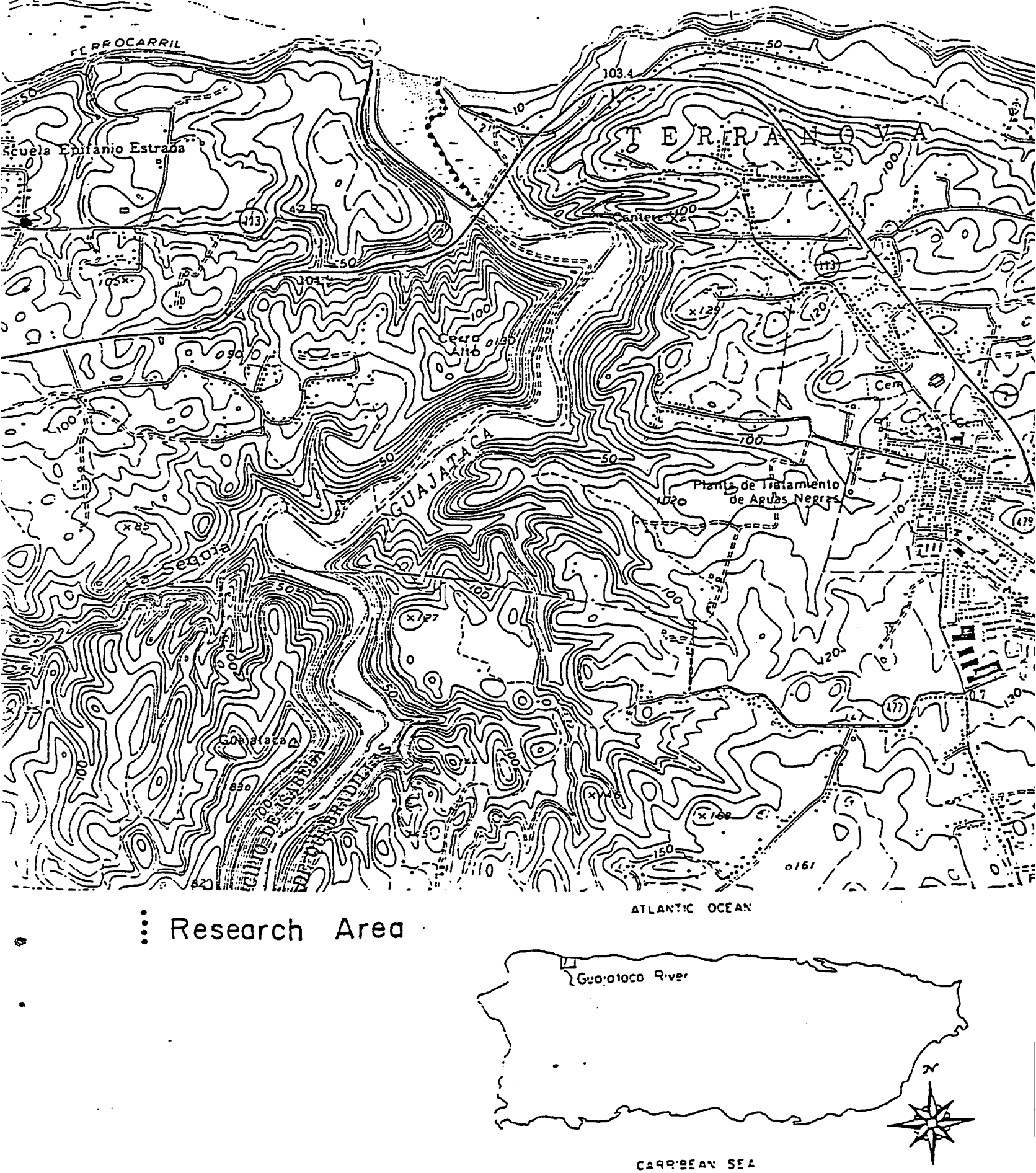
Plan Experimental de las pruebas con 2,4-D en Puerto Rico

El objetivo primordial de las pruebas era el de averiguar si la aplicación del 2,4-D contra el jacinto de agua en Puerto Rico generaba concentraciones del yerbicida capaces de diezmar la fauna acuática o interferir con sus funciones vitales. Un objetivo secundario era el de determinar la dósis mínima del yerbicida capaz de matar al jacinto de agua sin violar los estándares fijados por la Junta de Calidad Ambiental en el uso de yerbicida 2,4-D. La combinación de los dos objetivos dificultó en cierta medida las pruebas, complicando entre otros, el diseño experimental. Otras dificultades en la realización de la investigación fue la necesidad de mandar las muestras a analizar al extranjero. El mal tiempo interfirió con la toma de muestras de plancton en el Río Guajataca como se expone más adelante.

Las pruebas se efectuaron según un plan que se sometió con anticipación tanto a la Junta de Calidad Ambiental como a otras agencias estatales. El diseño involucraba una etapa en agua corriente y otra etapa en agua inmóvil, distribuyéndose el yerbicida de manera diferente en las dos situaciones. Las estaciones de muestreo se fijaron en relación con la velocidad del flujo en el primer caso, y según los movimientos locales ("eddies") en la columna de agua en el segundo caso. Debido a la posibilidad de movimientos verticales, se tomaron en cada estación muestras de superficie y de fondo.

Las pruebas en agua corriente se hicieron en la zona del estuario del Río Guajataca (Fig. 1). Varios kilómetros río abajo del sitio de muestreo, el lugar estaba cubierto de jacinto de agua. La estera se terminaba brúscamente unos 300 a 350 m de la playa. El río medía, como promedio, entre 25 y 30 m de ancho; cerca de la playa se ensanchaba hasta unos 150 m. La corriente tomaba en esta zona del estuario un curso impreciso a causa de los bancos de arena y de los islotes de malojillo.

Fig. 1
Area de muestreo en el Rio Guajataca



MAP LOCATION

Para eliminar el flujo se usó tinte fluoresceína. Esto también permitió establecer un horario de muestreo escalonado según el tiempo tomado por el colorante en recorrer las distancias entre las estaciones A, B y C. (Fig. 2). Con este cronometraje como base, el 2,4-D estaría 3 horas en el agua, entre el punto de aplicación (Punto A) y el mar. Según el horario que se estableció para la toma de muestras, éstas se tomarían en las 3 estaciones después de 1, 6, 12, 24 horas y 3 semanas luego de la aplicación de 2,4-D. Se cogieron camarones de las plantas de la orilla (mayormente malojillo y el mismo jacinto). Los caracoles se encontraron en rocas, raíces, tallos de plantas y sobre detritos del fondo de la laguna. Las muestras de plancton se consiguieron rastreando varias veces al nivel de la estación. Se colocaron todas las muestras en frascos de cristal que se habían limpiado previamente en el laboratorio y traídos al campo envueltos en papel de aluminio. Para el viaje de regreso a San Juan las botellas se pusieron en hielo. Se transfirieron entonces en neveras de "styrofoam" entre capas de hielo seco y se mandaron a analizar en los Estados Unidos (Raltech Scientific Services, Madison, Wisconsin). El 2,4-D se aplicó el 4 de enero de 1980, en horas tempranas de la mañana, cuando soplaba la brisa suavemente del suroeste. Generalmente el viento aumentaba de fuerza durante el día y cambiaba al noreste temprano en la tarde.

Se aplicó 2,4-D en la estación A en un área de 5,445 pies cuadrados, o sea, 1/8 de acre. Consistió la mezcla de: 1 pinta de 2,4-D (Weedar-64), 2 onzas de detergente para facilitar el esparcimiento del yerbicida sobre la superficie foliar, 2 onzas de "Lo-Drift" para aumentar el tamaño de las gotas y así reducir la cantidad de la mezcla llevada por el viento, y 25 galones de agua. Esto representaba una dosis de 1 gal/acre.

Las pruebas en agua inmóvil se hicieron en el Lago Dos Bocas (Fig. 3). Las orillas constaban de una sucesión de recodos totalmente ocupados por jacinto sin mezcla de otras malayerbas. Una ensenada de 174 pies (52.2 m) de ancho fue seleccionada para la comparación de dos concentraciones de yerbicida, a saber: 0.4 y 0.6 gal/acre (Fig. 4). Otra ensenada de 165 pies (49.5 m) de ancho fue tratada a la concentración de 0.8 gal/acre (Fig. 5). En esta última se establecieron 3 estaciones: I, II, y III, todas a 30 cm del borde de la masa de jacinto. Las muestras de agua, sedimentos, y organismos se tomaron, al igual que en la prueba en agua corriente, a cabo de 1, 6, 12, 24 horas y 3 semanas. La toma de muestras fue difícil por la escasez de materia orgánica en el fondo y la presencia de pedazos de ramas que impidió el cierre de la draga tipo "clamshell".

Se probaron entonces 4 concentraciones de 2,4-D, a saber: 1 en Guajataca (1 gal/acre), y 3 en Dos Bocas (0.8, 0.6 y 0.4 gal/acre). En todos los casos se anticipaba que los residuos del yerbicida en el agua no violarían el límite de 0.8 ppm

Fig. 2. Plan de distribucion de las muestras en el Rio Guajataca.

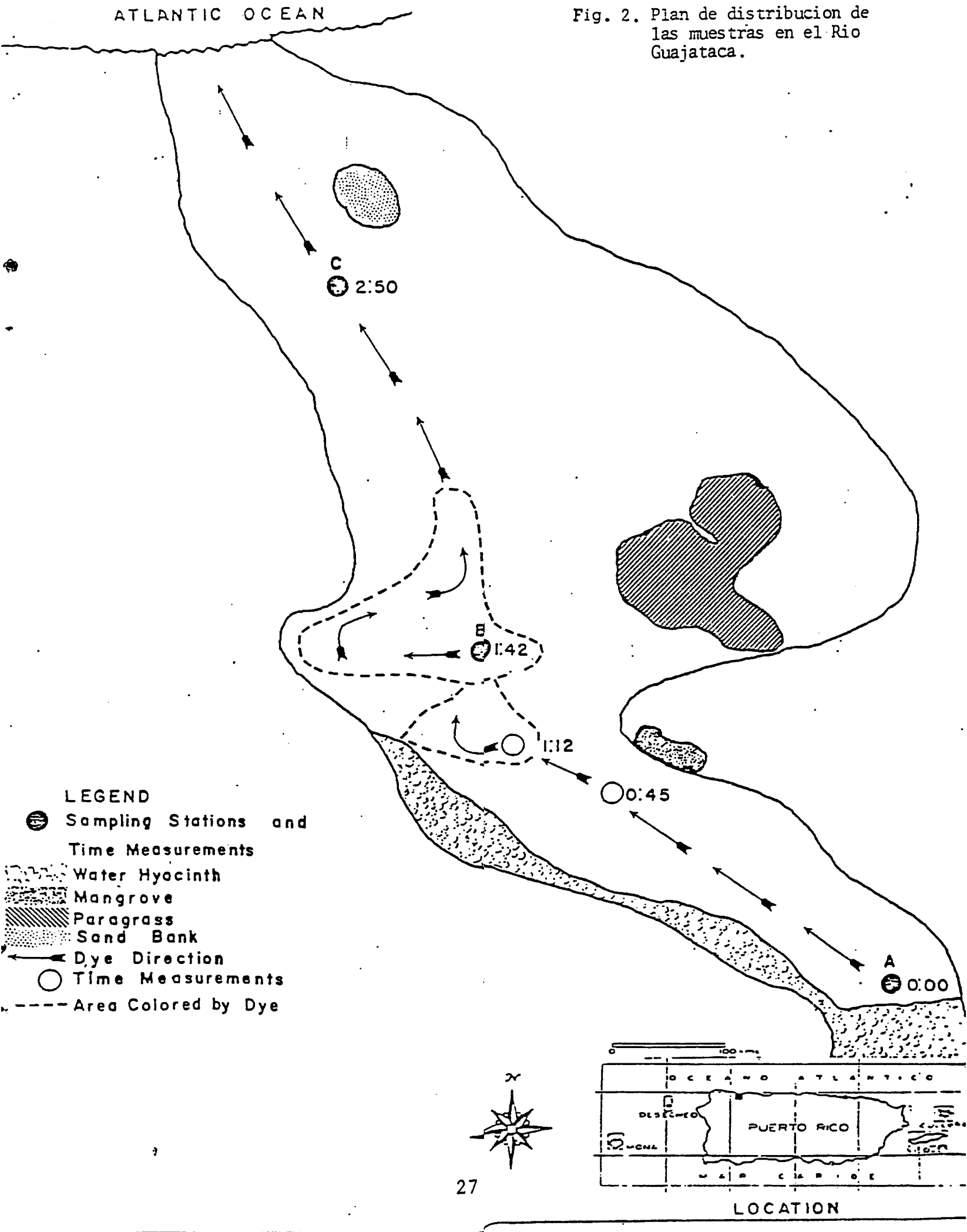
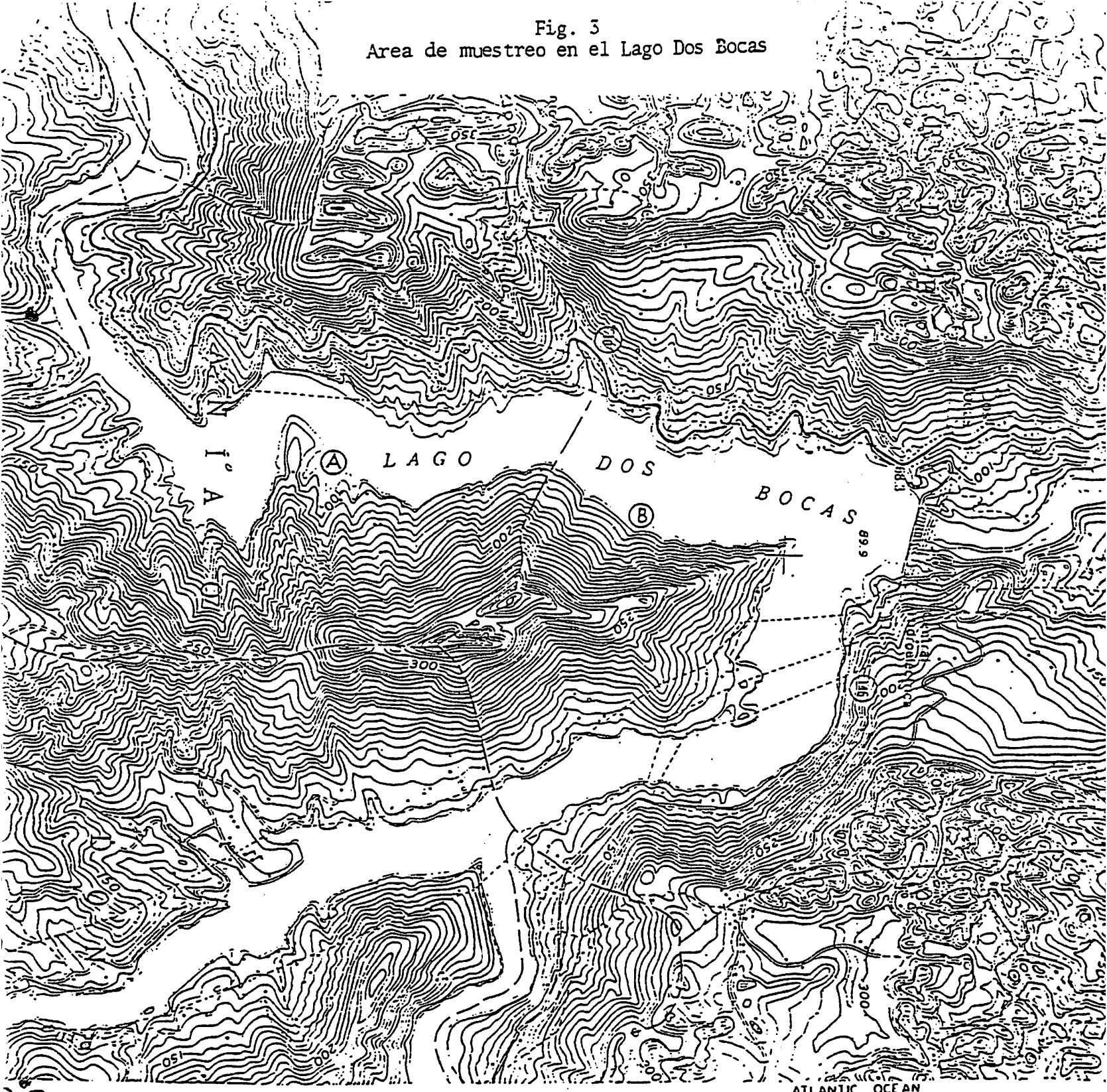
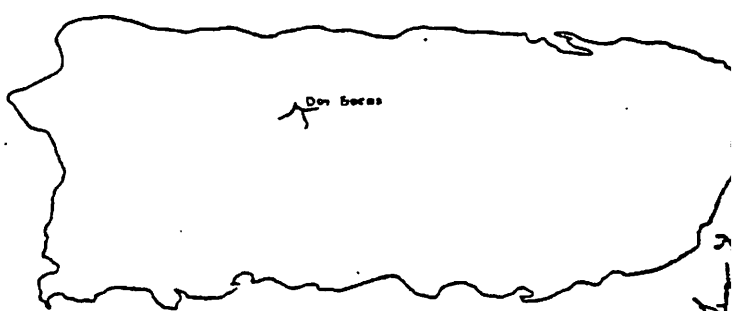


Fig. 3
Area de muestreo en el Lago Dos Bocas



(A) Test of Application Rates.

(B) Persistence of 2,4-D in Standing Water.



CARIBBEAN SEA
MAP LOCATION

Fig. 4. 2,4-D Tests in Dos Bocas Lake
(Compared Application Rates Standing Water)

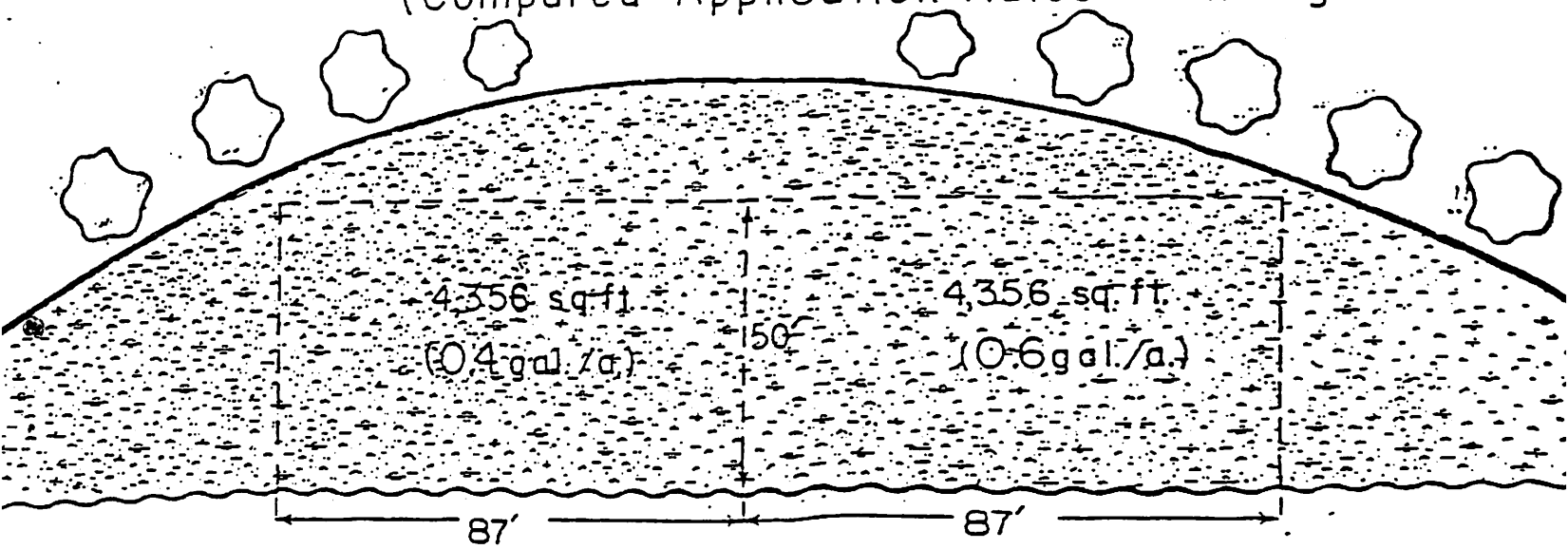
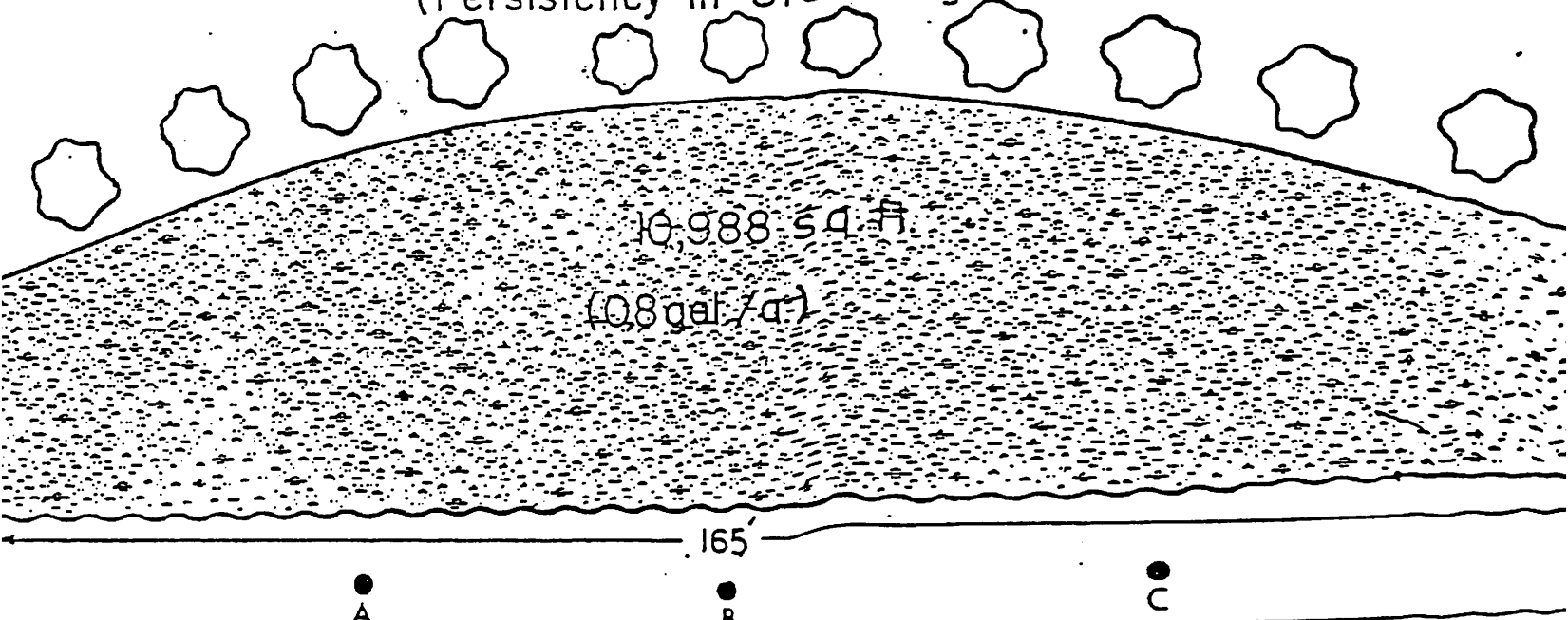


Fig. 5. 2,4-D Tests in Dos Bocas Lake
(Persistency in Standing Water)

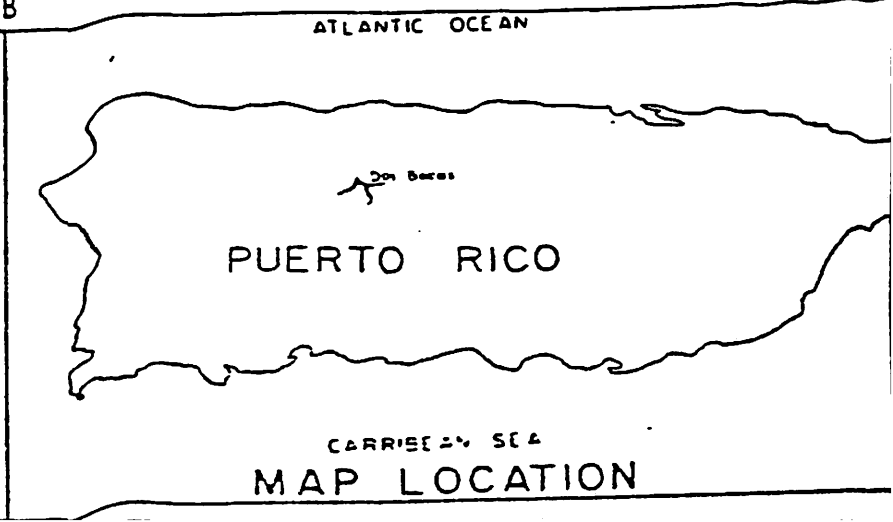


LEGEND

Water Hyacinth

Sampling Stations

Forest



MAP LOCATION

fijado por la Junta de Calidad Ambiental.

Concurrentemente con los análisis de 2,4-D, se hicieron medidas de OD y de BOD. Como se podía anticipar, el BOD aumentó en agua corriente como en agua inmóvil (Tabla 1). El aumento de DO (Tabla 2) fue una sorpresa y tal vez resultó del mal funcionamiento del metro de oxígeno. La toma de muestras de plancton en el Río Guajataca después de 6, 12 y 24 horas fue impedida por mal tiempo. En el tiempo previsto para este muestreo, el oleaje era excepcionalmente fuerte; el agua de mar cubrió toda la zona de la prueba, forzando al personal establecido en una caseta en la orilla del estuario a levantar el equipo rápidamente y transportarlo tierra adentro. La prensa y la radio reportaron un maremoto para esta fecha, el cual causó inundaciones en varios poblados de la región noreste de la Isla.

Resultados y Conclusiones

1) Las cuatro concentraciones de 2,4-D, a saber, una en el Río Guajataca (1 gal/acre) y tres en el Lago Dos Bocas (0.4, 0.6, 0.8 gal/acre) provocaron la muerte del jacinto de agua. El efecto se evidenció más rápido con las concentraciones más altas, como era de esperarse.

2) En casi todos los 75 análisis (40 en Guajataca, 35 en Dos Bocas) los niveles de 2,4-D en agua, sedimentos y organismos, salieron muy bajos con muy poca desviación de los valores centrales (Tabla 3). Esto es indicativo de una distribución bastante uniforme del yerbicida sin acumulación en ningún sitio específico del sistema acuático. En un solo caso el nivel salió en violación del límite de 0.08 ppm fijado por la Junta de Calidad Ambiental (Tabla 5, pág. 1: Dos Bocas, Estación C, muestra de agua de superficie No. II WCT-1 DB; análisis No. 718697). Sin embargo, después de 6 horas, el nivel había bajado a 0.002 ppm (Tabla 4; pág. 2; análisis No. 718702).

3) La concentración de 2,4-D en organismos fue también muy baja con un nivel máximo de 0.05 ppm; por ser éste el límite de sensibilidad del instrumento utilizado, dándose la posibilidad de que el nivel pudo haber sido aún menor.

4) Concurrentemente con los análisis de 2,4-D se hicieron medidas de OD y de BOD (Tablas 2 y 3). Como se podía anticipar, el BOD aumentó tanto en agua corriente como en agua inmóvil. También se notó un aumento del DO, lo que seguramente fue debido a algún error en la medición de este último parámetro.

5) El estudio del efecto de 2,4-D en el plancton tuvo contratiempos que no se pudieron anticipar. Esta fase de las pruebas se debería repetir.

Table 1

BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)
PRIOR AND POSTERIOR TO 2,4-D APPLICATION
AT GUAJATACA RIVER ESTUARY

	Prior to 2,4-D	Following 2,4-D
Station A	3.60	7.67
Station B	3.82	5.69
Station C	--	8.04

Table 2

DISSOLVED OXYGEN (DO), BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD)
PRIOR AND POSTERIOR TO 2,4-D APPLICATION
AT DOS BOCAS LAKE, PUERTO RICO

	2,4-D Application	
	Before	After
A. Dissolved Oxygen (DO)		
Surface (1 meter)	9.3	11.6
Mid-water (3 meters)	5.0	11.1
Bottom (6 meters)	4.0	5.2
B. Biochemical Oxygen Demand (BOD)	4.58	11.3

Table 3

MEAN VALUES VARIANCES AND STANDARD DEVIATIONS
OF 2,4-D LEVELS IN WATER AND SEDIMENT

	$\bar{X}$	S^2	S
A. Running Water			
1. Water samples	0.02	0.0104	0.0088
2. Sediments	0.04	0.0175	0.0058
B. Still Water			
1. Water samples	0.0059	0.0056	0.0011
2. Sediments	0.011	0.0096	0.0034

TABLE 4

RESULTS OF 2, 4-D ANALYSES

GUAJATACA RIVER

(Pag. 1)

January 1979

BEFORE SPRAYING (I)

	Analisis No.		2, 4-D level
1 - Water upstream (IWUS)	713397	less than	.002* p.p.m.
2 - Water at spray point (IWSP)	713398	less than	.002 "
3 - Sediments upstream (ISUS)	713399	less than	.002 "
4 - Sediments at spraying point (ISSP)	713400	less than	.020* "
5 - Organisms (Fish) (IOF)	713401	less than	.050* "
6 - Organisms (Shrimps) (IOS)	713402	less than	.050 "
7 - Organisms (Snails) (IOSN)	713403	less than	.050 "
8 - Organisms (Plankton) (IOP)	713404	less than	.050 "

IMMEDIATELY FOLLOWING SPRAYING (II)

A - Water (W)

a - After one hour

Station A

1 - Surface (IIWA-1-S)	713405		.017 p.p.m.
2 - Bottom (IIWA-1-B)	713406	less than	.002 "

Station B

1 - Surface (IIWB-1-S)	713407	less than	.002 "
2 - Bottom (IIWB-1-B)	713408	less than	.002 "

Station C

1 - Surface (IIWC-1-S)	713409		.006 "
2 - Bottom (IIWC-1-B)			

b - After 6 hours

Station A

1 - Surface (IIWA-6-S)	713410	less than	.002 p.p.m.

* Limits of sensitivity of the instruments used

(contd.)

Table 4 (continued)

	Analisis No.		2,4-D level
Station A			
2 - Bottom (IIWA-6-B)	713411		.009 p.p.m.
Station B			
1 - Surface (IIWB-6-S)	713412		.0044 "
2 - Bottom (IIWB-6-B)	713413		.0109 "
Station C			
1 - Surface (IIWC-6-S)	713414		.007 "
2 - Bottom (IIWC-6-B)			
c - After 12 hours			
Station A			
1 - Surface (IIWA-12-S)	713415		.0056 p.p.m.
2 - Bottom (IIWA-12-B)	713416		.0044 "
Station B			
1 - Surface (IIWB-12-S)	713417		.0042 "
2 - Bottom (IIWB-12-B)	713418		.0035 "
Station C			
1 - Surface (IIWC-12-S)	713419		.0044 "
2 - Bottom (IIWC-12-B)	713420		.0034 "
d - After 24 hours			
Station A			
1 - Surface (IIWA-24-S)	713421		.0025 "
2 - Bottom (IIWA-24-B)	713422	less than	.002* "
Station B			
1 - Surface (IIWB-24-S)	713423		.0024 "

* Limit of sensitivity of the instrument

Table 4 (continued)

	Analisis No.		2, 4-D level
Station B			
2 - Bottom (IIWB-24-B)	713424	less than	.002 p.p.m.
Station C			
1 - Surface (IIWC-24-S)	713425		.0023 "
2 - Bottom (IIWC-24-B)	713426	less than	.002 "
B - Organisms and Sediments			
(2 Samples of Sediments after 6 hours)			
Station B (IIBS-6)	713427	less than	.020* p.p.m.
Station C (IICS-6)	713428	less than	.020 "
THREE WEEKS FOLLOWING SPRAYING (III)			
		January 15, 1979	
A - Water (W)			
Station A			
Surface (IIIWAT-3W)	717122	less than	.002 p.p.m.
Bottom (IIIWAB-3W)	717123	less than	.002 "
Station B			
Surface (IIIWBT-3W)	717124	less than	.002 p.p.m.
Bottom (IIIWBB-3W)	717125	less than	.002 "
Station C			
Surface (IIIWCT-3W)	717126	less than	.020 p.p.m.
B - Sediments (S)			
Station A (IIISA-3W)	717127	less than	.020 p.p.m.
Station B (IIISB-3W)	717128	less than	.020 "
Station C (IIISC-3W)	717129	less than	.020 "

*Limit of sensitivity of the instrument

TABLE 5

RESULTS OF 2, 4-D ANALYSES IN STILL WATER

(Lake Dos Bocas)

(Pag. 1)

AREA B

Before Spraying (I)	Analysis No.		2, 4-D level
1 - Water at spray point (IWSP) DB	718690	less than	.002 p. p. m. *
2 - Sediments at spray point (ISSP) DB	718691	less than	.020 "
3 - Fish (IFSP) DB	718692		.083 "
4 - Plankton (IPSP) DB	718693	less than	.050 " *
Inmediately following spraying (II)			
A - Water (W)			
I - After 1 hour			
Station A			
Surface (II WAT-1) DB	718694		.037 p. p. m.
Bottom (II WAB-1) DB	-		-
Station B			
Surface (II WBT-1) DB	718695		.059 p. p. m.
Bottom (II WBB-1) DB	718696	less than	.002 "
Station C			
Surface (II WCT-1) DB	718697		.176 "
Bottom (II WCB-1) DB	718698		.010 "
II - After 6 hours			
Station A			
Surface (II WAT-6) DB			
Bottom (II WAB-6) DB	718699	less than	.002 p. p. m.

* Sensitivity limit of instrument used.

(Contd.)

Table 5 (continued)

	Analysis No.		2, 4-D level
Station B			
Surface (II WBT-6) DB	718700		.065 p. p. m.
Bottom (II WBB-6) DB	718701	less than	.002 "
Station C			
Surface (II WCT-6) DB	718702		.036 p. p. m.
Bottom (II WCB-6) DB	718703	less than	.002 "
III - After 12 hours			
Station A			
Surface (II WAT-12) DB	718704		.012 p. p. m.
Bottom (II WAB-12) DB	718705		.008 "
Station B			
Surface (II WBT-12)DB	718706	less than	.002 "
Bottom (II WBB-12) DB	718707	less than	.002 "
Station C			
Surface (II WCT-12) DB	718708		.002 "
Bottom (II WCB-12) DB	718709		.005 "
IV - After 24 hours			
Station A			
Surface (II WAT-24) DB	718710	less than	.002 "
Bottom (II WAB-24) DB	718711	less than	.002 "
Station B			
Surface (II WBT-24) DB	-		-
Bottom (II WBB-24) DB	718712	less than	.002 "
Station C			
Surface (II WCT-24) DB	718713	less than	.002 "
Bottom (II WCB-24) DB	718714		.002 "

Table 5 (continued)

	Analysis No.		2, 4-D level
B - Organisms			
Plankton			
After 12 hours			
Phytopl. (II OPP-12) DB	-		-
Zoopl. (II OZP-12) DB	-		-
After 24 hours			
Phytopl. (II OPP-24) DB	718715	less than	. 050 p. p. m.
Zoopl. (II OZP-24) DB			
Three weeks following spraying (III)			
A - Water (W)			
Station A			
Surface (III WAT-3W-DB)	720878	less than	.002 "
Bottom (III WAB-3W-DB)	720877	less than	.002 "
Station B			
Surface (III WBT-3W-DB)	720880	less than	.002 "
Bottom (III WBB-3W-DB)	720879	less than	.002 "
Station C			
Surface (III WCT-3W-DB)	720882		.03 p. p. m.
Bottom (III WCB-3W-DB)	720881	less than	.002 "
B - Sediments (S)			
Station B (III SB-3W-DB)	720884	less than	.002 p. p. m.
C - Organisms (O)			
Plankton (III-OP-3W-DB)	720884	less than	.002 p. p. m.
Fish (III-OF-3W-DB)	720883	less than	.050 "

En conclusión, el yerbicida 2,4-D no reveló ser peligroso. Se degradaría en agua, sedimentos y organismos acuáticos. En la práctica no fue difícil mantener el producto cerca de las masas de jacinto evitando daños a la vegetación de orilla. El 2,4-D podría ser entonces de una valiosa ayuda si es utilizado solo o en combinación con otros métodos mecánicos o biológicos, en el manejo de las malayerbas acuáticas.

Reconocimiento

Deseo expresar mi agradecimiento a Miguel Rodríguez Lugo, Evangelio Lebrón González y Eduardo de Aragón, sin cuya valiosa colaboración la presente investigación no podría haberse realizado.

Bibliografía

ALY, O.M., y S.D. FAUST. Determination of 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid in surface waters. J.Amer. Water Works Assoc. 55,639

BUTLER, P.A. 1962. Effects of herbicides on estuarine fauna. Proc. 18th Annual Meeting Southern Weed Conference, pp 576-580

DUKE, T. 1969. Effects of 2,4-D formulations on estuarine organismes. Preliminary report presented to the National Meeting of the Weed Science Society of America, 10-13 February 1969, Las Vegas, Nevada.

HEMMET, R.C. Jr. y FAUST, S.C. 1969. Biodegradation kinetics of 2,4-D Dichlorophenoxy acetic acid by aquatic microorganisms. Residue Rev. 29: 191-207.

JOYCE, J.C. y SIKKA, H.C. 1975. Residual 2,4-D levels in the St. Johns Rivers, Florida. Water Quality Report. U.S. Army Engineer, Jacksonville District, Jacksonville, Florida.

RODGERS, C.A. y STALLING, D.L. 1972. 2,4-D Butoxy ethanol ester uptake distribution and elimination in organs of rainbow trout, channel catfish and bluegills. Weed Science Society of America, 20, 101

SHULTZ, P. 1973. Dynamics of a salt of 2,4-Dichlorophenoxy acetic acid in fish, water and hydrosoil. J. Agr. Food Chem 21: 186-192

SOME ASPECTS OF THE BIOLOGY OF THE WATER HYCINTH, *EICHHORNIA CRASSIPES* (MART.) SOLMS-LAUB

J. Villamil, A. McB. Block, R.G. Clements
L.I. Rosa & F.A. Santos

Terrestrial Ecology Division
Center for Energy and Environment Research
University of Puerto Rico

ABSTRACT

Before a complete and responsible utilization of the water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, as a biofilter, as a renewable source of biomass, or for other purposes is attempted, some basic information about its biology must be determined. This paper presents data on the biology of the hyacinth when grown in secondary treated wastewater. The daily biomass incremental constant was determined to be 0.290, its biomass doubling time was computed to be 7 days. Productivity on a wet weight basis was 216.35 g/day/m^2 or 2.16x 10^6 kg/day/ha. The mean dry weight percent of the plant was 5.2% of the freshly harvested, drip dried wet weight. Observations were made on plant inflorescence and root length.

INTRODUCTION

Eichhornia crassipes was first described by Martries in 1824 from specimens found in Brazil (after Bock, 1966). Some writers have designated Brazil as the water hyacinth's place of origin, while others prefer to list the hyacinth as native to the New World Tropics (Bock, 1966). Regardless of its origin, water hyacinth is now widespread throughout tropical and subtropical zones, and southern and south-central sections of the temperate regions worldwide.

The water hyacinth is a perennial, freshwater vascular aquatic plant that produces dense mats of vegetation in lakes and rives under favorable waterflow, nutrients, and climatic conditions throughout its zones of adaptation. Its sexual and asexual modes of reproduction make it highly competitive; indeed, the introduction of a single plant into a favorable aquatic environment is all that is required to eventually completely cover the surface of the waterbody with dense green matted vegetation. The nearly incredible capacity to reproduce through the apical buds of stolons (each of which terminates in new daughter plants) makes water hyacinth a highly undesirable plant when introduced into channels, waterways,

irrigation ditches, lakes or any other body of water in which maximum water retention capacity is required. Wolverton (1976) monitored the growth rate of the hyacinth on a weekly basis from April to June 1975 in Bay St. Louis. "Significant growth occurred during the months of May and June. During this 2 months period , water hyacinths increased in surface coverage approximately 6% to 10% (average 8%) per day. One hectare of water hyacinth contained approximately 218 metric tons of biomass. These data indicated an average growth rate of approximately 17.5 metric tons of wet biomass per day during ideal growing conditions". The growth rate of the hyacinth is temperature dependent and, therefore, climate dependent.

Productivity

With the onset of the world energy crisis, attention has been turned toward the conversion of biomass into usable energy. This, in turn, has focused attention on those plants that have a high production potential, i.e., sugar cane, some tropical forage grasses (Sordán 77), and forest plantations. Studies with water hyacinths have shown, to a certain extent, that this plant has a great potential for biomass production. A thorough review of the species, its possible origin, spread and clogging of waterways and lakes was completed by Penfound and Earle (1948), and Bock (1964), and need not be extensively reviewed here. Various investigators who have studied the water hyacinth over the years have remarked upon its productivity. In his paper on plant productivity, Westlake (1963) stated, that E. crassipes is often thought to be exceptionally productive, as might be expected from the fact that it grows in warm climates and has submerged roots and aerial leaves like reedswamp plants. However he also asserted that reliable data on its annual productivity have not been found. Thirteen years later, the latter statement remains true largely because of 2 factors. First, almost all work on water weeds has been directed at control or eradication, hence, little interest in managed productivity has been shown by the scientific community. Secondly, and just as important, no standardized methods have been developed for measuring and assessing productivity under field and/or laboratory conditions. Thus, there is a paucity of information available on the actual productivity of the water hyacinth and what data is available is difficult to compare because of differences in measuring and reporting. Nevertheless, most studies carried out in temperate and tropical areas have generally agreed that these plants have a very high rate of productivity, especially when found in eutrophied bodies of water (Penfound and Earl, 1948; Bock, 1964; Rushing, 1972).

One of the first problems encountered in comparing productivity data is the variability in percent water composi-

tion of the hyacinth; Bock (1964) reported the plant as containing 93.4% water, whereas Penfound & Earle (1948) reported 96.05%. When dealing with yields of the water hyacinth, a difference of 1 to 3 percent in the relative moisture content could represent a considerable difference in dry matter produced per unit time per unit water body area.

Most investigators have assumed a geometric growth rate in the measurement of productivity and have utilized the following formula;

$$X = \left(\frac{W_2}{W_1}\right) \quad 1/t \qquad (1)$$

where: W_1 = previous weight

W_2 = weight the following date

t = number of days between weighing

x = daily incremental constant

This formula applies to the determination of daily incremental rates and has also been utilized for daily incremental changes in the number of plants produced (Rushing, 1972).

The results of various investigators who have reported the productivity of the water hyacinth in one form or another are summarized in Table 1. This table underscores the difficulties involved in the evaluation of the data reported. First, the length of the study periods varied from 5 days (Seamen, 1964) to 1 year (Petter, 1964). The estimates of the daily increment to produce the next count ranged from 1.032 (McLean, 1932) to 1.148 (Penfound & Earle, 1948; as estimated by Bock (1964)). There are 2 major difficulties in summarizing the data: (1) The data have been taken from limited sources (Penfound and Earle, 1948; Bock, 1964, and Long, 1975. (2) The experimental area used or measured in the determination was not always specified. The latter consideration is especially important for determination of both "net count" and "net weight" values since crowding of plants depends upon the area in the growth and/or weight measurements which in turn may affect the incremental gain in biomass.

The availability of data which may be expressed in grams per square meter per day ($g/m^2/day$) is very limited. The work of Steward (1970) as cited by Long (1975) reported an estimated production of 294 to 1340 tons per acre per year when the plants were grown in secondary sewage effluent.

These figures convert to 181 and 827 $g/m^2/day$, respectively. Long (1975) in a study at Concordia, Louisiana, estimated annual production at 114 tons per acre year (70.7 $g/m^2/day$). The only other data interpretable in terms of $g/m^2/day$ increase is that of Rushing (1972) taken on samples of water hyacinth grown of different water bodies in Puerto Rico.

The purpose of the study described herein was to determine growth parameters of the water hyacinth in order to be able to assess the potential of its matted plant growth for treating wastewater. Knowledge of the productivity of the plant is very important for the assessment of management options after the plant is used as a biofilter.

To address research needs relating to the use of water hyacinths for the treatment of wastewater (Robinson, 1976), the following were the objectives of this work:

1. Determine the growth rate of the water hyacinth.
2. Study the productivity based on $g/m^2/day$ when grown in wastewater.
3. Compute the plant biomass doubling time.
4. Determine plant percent water content.
5. Collect data on inflorescence periods and root length of the plant.

MATERIALS AND METHODS

Hyacinth growth and productivity were measured using an effluent retention pool systems constructed at El Conquistador Secondary Wastewater Treatment Plant located in Bo. Carraízo, Trujillo Alto, Puerto Rico. The system consisted of 15 plastic lined pools (3 m in diameter, .66 m high) provided with an inflow and outflow system (Fig. 1 and 2). The hyacinth growth media was aerobic activated sludge treated effluent which was pumped from the plant chlorination chamber on a 24 hour basis.

Three hundred juvenile plants (100 g to 450 g) were harvested from nearby Lake Carraízo for use in the incremental growth constant determination and in the productivity study. Plants were weighed and labeled before their introduction in the pool. Twenty plants were placed in each pool.

The plants were assigned at random to a pool, to a harvest schedule, and to a grid location with in the pool. A PVC frame supporting a nylon cord grid and positioned over the pool (Figure 2) provided fixed positions (intersections of the nylon cords), and the same effective surface area for growth to each

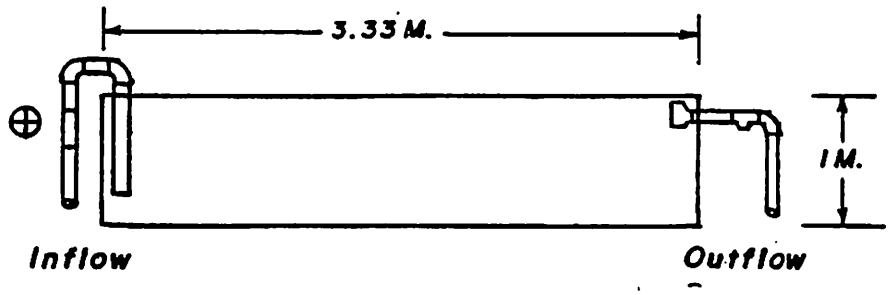


Figure 1: Retention Pool Detail

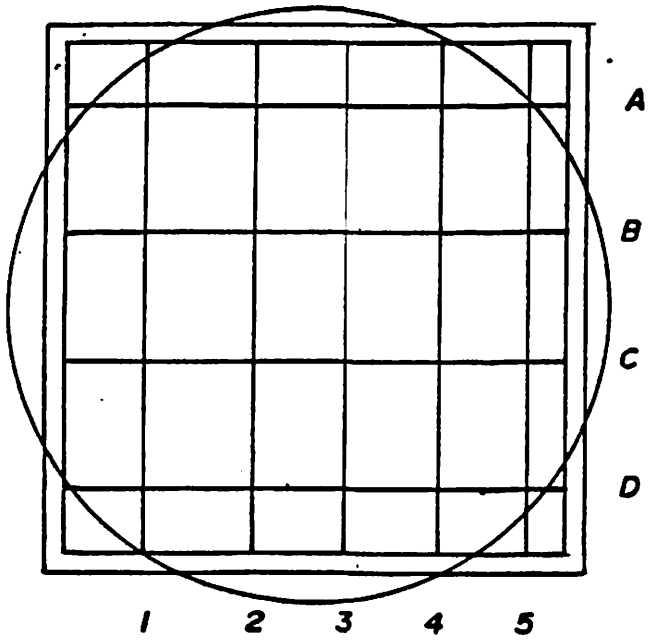


Figure 2: Grid Used Over The Retention Pools During The Growth Rate Studies

of the plants selected when they were physically attached to the intersecting lines using nylon cord. In this experiment, each intersection provided a 0.36 m^2 growing area for a plant centered at the intersection.

A randomized harvesting schedule was designed for the experiment as follows. The established harvesting periods were the following: 4, 8, 16, 32, and 64 days after the attachment of the plants to the intersecting nylon lines. The growth rate study began during November 1978 and was finished in December of the same year. The retention time for secondary treated effluent in the pools was 1 day (flowrate of 2.6 l/min). The calculation of the daily incremental constant was made using Equation Number 1:

$$X = \frac{W_2}{W_1} \; 1/t \qquad (1)$$

The productivity study was performed in the same pool system as the growth rate study. It took place during the months of January and February, 1979, which are the months of low solar radiation in Puerto Rico. Each of the 15 pools was seeded with 20 juvenile plants in the effluent retention system. All plants were weighed before they were located in a particular pool. After one month the total biomass in the pool was weighed. Equation No. 2 was used to determine the productivity of the hyacinths:

$$P = \left(\frac{w_i - w_f}{A}\right) t^{-1} \qquad (2)$$

where: P = productivity $g/m^2/day$

W_i = initial biomass in the pool

W_f = final biomass in the pool

A = area of the pool (m^2)

t = number of days between weighing

The plants used for the determination of plant water content were those grown during the growth rate study. To determined the fresh plant weight, they were allowed to drip dry for 3 minutes before weighing on a portable balance. The plant water content was determined by drying harvested hyacinths in labeled paper bags at 70°C for 3 days.

To keep a record of the growth media characteristics during the growth rate studies and productivity studies, Kjeldahl nitrogen, total suspended solids, and total phosphorus

concentration analyses for each pool were performed on a weekly basis according to APHA Standard Methods, 13th. edition. Dissolved oxygen measurements were taken using a YSI dissolved oxigen meter; the pH was determined using a Corning portable pH meter.

Inflorescence period observations were recorded on weekly visits to Lake Carraízo during the period of October 1978 to September 1979. Root length measurements were made on more than 200 plants in Lake Carraízo and in the retention pool system at El Conquistador Treatment Plant.

RESULTS AND DISCUSSION

Daily Incremental Constant

The daily incremental constant was determined to be 0.290 using Equation No. 1. Thus, on the average, the hyacinth biomass doubles every 7 days. The frequency distribution of the daily incremental rates are presented in Figure 3.

The differences in distribution of the daily incremental constant may be due to the presence of a mixture of so-called hyacinth bio-types mentioned by Cooley (1979), Dinges (pers. comm. 1979), Bock (1966), and others. The bio-types are plants whose growing capabilities are basically different and who also may exhibit differences based on heterostylism (Bock, 1966). All the plants used in this experiment were taken from different mats in Lake Carraízo. Rapid or slower growing plants were not placed in any particular pool, but each was sown at random. Thus, the fluctuation in frequency distribution of the daily incremental growth rate was not a micro-climate effect, nor was it due to differences in the quality of the growing media according to the water quality measurements. We suspect that there are several distinct contributors to the gene pool of this plant in Puerto Rico and, in the absence of predominant sexual reproduction, several different varieties of hyacinth may be expected in any large sample whose individual plants are selected at random. Parenthetically, we might add that distinct biotypical population separation appears likely in Puerto Rico since sexual reproduction of this plant has never been observed in any island habitat.

From the results of the determination of the daily incremental growth constant, we have developed the following equation for the determination of the approximate wet weight of a hyacinth plant at any future time.

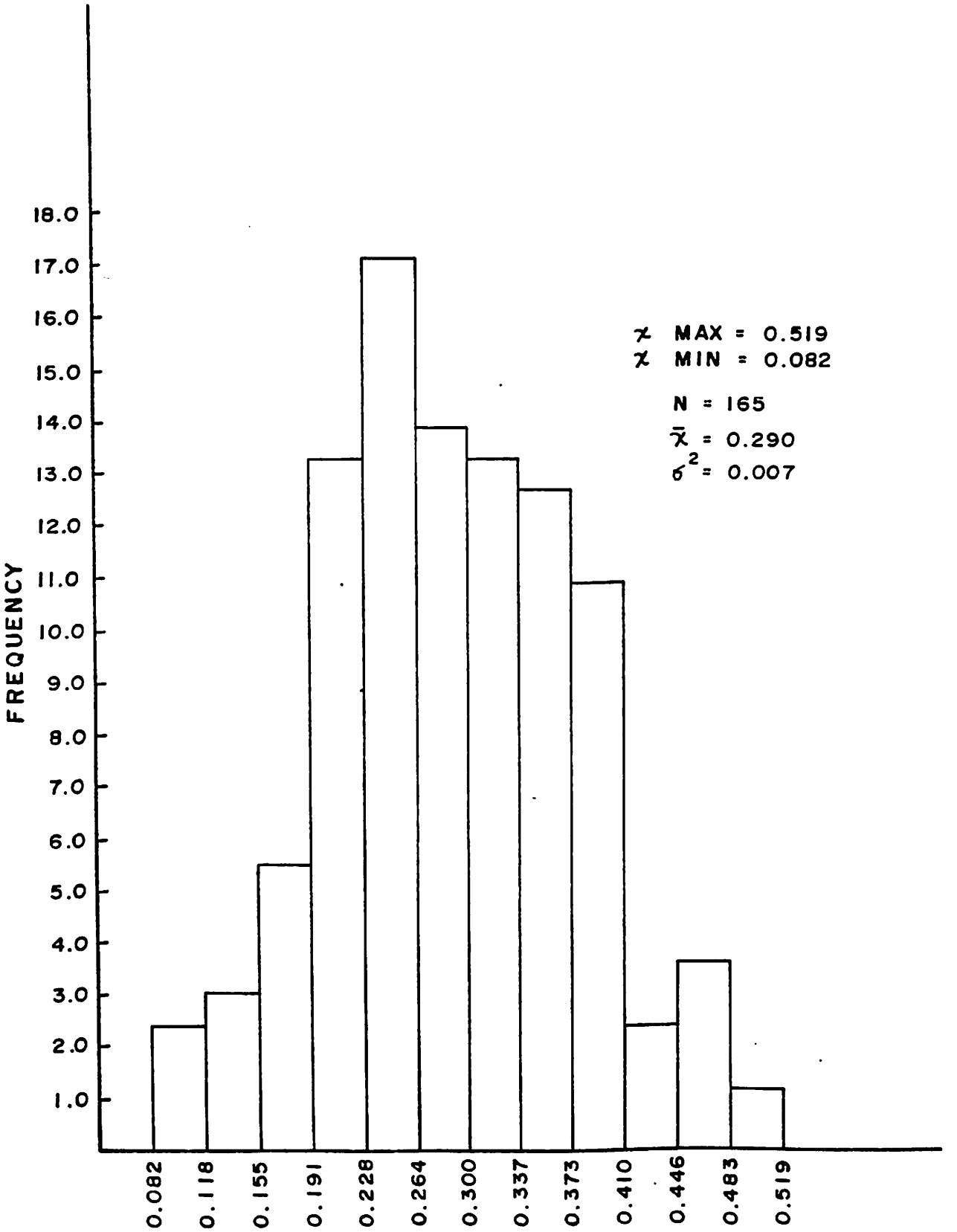


Figure 3: DAILY INCREMENTAL CONSTANT

$$W_{f_x} = W_i \; I_r \; t \qquad (3)$$

or

$$W_{f_x} = W_i \; (o.29)t$$

in which:

W_{f_x} = wet weight on x day

W_i = initial or present wet weight

t = number of days in which the plant weight will be computed

I_r = daily incremental rate constant

This equation considers that the increase in biomass could be either an increase in the biomass of the mother plant or an increase due to growth of daughter plants thru stolons.

Dry Weight Composition

The mean dry weight percent of the plants was found to be 5.2%. A direct relationship was found between the wet weight and the dry weight of the hyacinth (Figure 4). The regression equation was based upon 200 measurements and this relationship could in theory be used to estimate the dry weight of any amount of green hyacinth biomass.

$$Y = 0.05129 = 0.3130 \; X \qquad (4)$$

Y = dry weight

X = wet (green) weight

Productivity

The average productivity for hyacinths in terms of wet weight was 216.34 ± 38.38 g/m^2/day. The productivity per hectare on a wet weight basis was determined to be 2163.9 kg/ha/day, or dry weight 108.195 kg/ha/day based on 5.2% dry weight composition. Table 2 summarizes the results of the productivity study. Differences in productivity in different pools could in part be due to different intrinsic growth rates of particular biotypes dominant in particular pools.

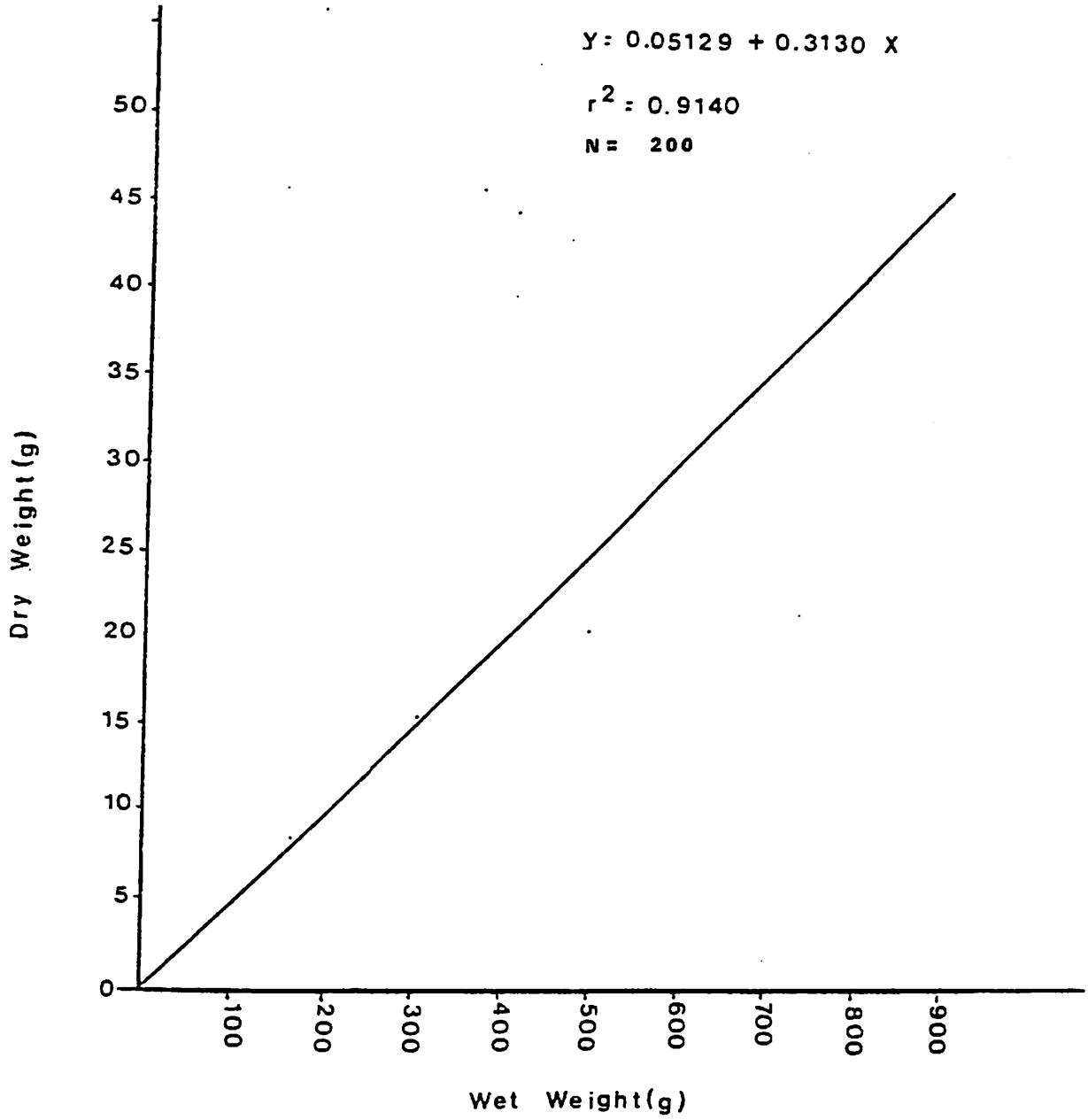


FIGURE 4: Regression between wet weight and dry weight of Eichhornia crassipes. Plants were dried at 70°C for e days.

Table 2. Productivity of the *E. crassipes* during the month of January 1979, using wastewater as growth madia.

Pool	g/day	
1	1352.46	185.27
2	1964.95	269.417
3	1413.68	193.65
4	1701.88	233.13
5	1272.28	174.28
6	1993.73	273.11
7	2146.21	294.00
8	1364.78	187.96
9	1627.83	222.99
10	1542.99	211.37
11	1771.73	242.60
12	1262.02	172.88
13	1344.23	184.14
14	1459.23	199.91
15	1463.44	200.47
	$\bar{X}$ = 1460.77	$\bar{X}$ = 216.35
	$\pm$ = 435.68	$\pm$ = 38.38

Mean Productivity

	m^2	Hectare
Wet weight	216.35 g/d/m^2	2163.9 kg/d/ha
Dry weight	11.25 g/d/m^2	108.20 kg/d/ha

Growth Media

The mean concentration of Kjeldahl nitrogen and phosphate during the growth rate studies and productivity determination was 30.4 mg/l and 1.12 mg/l respectively. The mean dissolved oxygen concentration in the pools was 5.61 ppm. This relatively high oxygen concentration may have been maintained by a noticeably high algae concentration in the pools. The pH in the lagoon system was 6.60, on the average.

The Roots

The root system in the mature water hyacinth is fibrous (Bock, 1966). In this study large root caps were observed to be attached only at the root tip. Each principal root bears hundreds of fine, multicellular, lateral roots, which also have large, dark root caps.

The roots of the plants observed at eutrophic Lake Carraízo were purple, arranged in a spherical shape with a radius not larger than 7.5 - 10 cm. The purple pigment has been identified as an anthocyanin (Bock, 1966), but its function has not yet been discovered.

Root lenght in the plants grown at the retention pool system, with nutrient averages of 0.304 mg/l N and 0.112 mg/l total P respectively, were not longer than 20 $\pm$ 5 cm. The color of the roots was white. Some authors (e.f. Hitchcock et. al., 1947) have related white root color to plant growth in a complete nutrient media.

Hyacinths were kept growing for laboratory purposes in tap water with a low concentration (1 gm/l) of commercial 20-20-20 type fertilizer. These plants exhibited a relatively long root lenght of 35 $\pm$ 10 cm. on the average, and also were white.

While absolute nutrient requirements for vigorous water hyacinth growth have not to our knowledge, been measured, we feel that it is unlikely that the fertilized tap water is complete. Also it can be argued that if plants have a complete nutritional media there is little to be gained by investing a large amount of energy and nutrients in root biomass development inasmuch as extensive root development is generally associated with the need for scavenging low levels of nutrients. In fact, high nutrient levels might reasonably be expected to stimulate shallow, short, root development in vascular plants. Since the anthocyanin content of roots appears to be associated with shorter roots, its presence may be more easily identified with more complete nutrition, though definite conclusions are difficult to make since the function of the anthocyanin is not known.

The Flowers

Flowering has been observed all year around in Lakes Carraízo and La Plata, Puerto Rico. The only temporal aspect of flowering that was noticed occurred between the middle of March and the middle of April, and between the middle of September and the middle of October. During these 2 periods, as much as 80% of the stand came into flower on 2 separate but distinct occasions. These periods correspond with the Spring and Autumn equinoxes when the sun is passing directly over the equator and light and dark periods are of approximately equal duration.

We have observed that the number of flowers per plant was highly dependent of the growth medium. The maximum numbers of flowers (20 flowers per plant) have been observed on Lake Carraízo. Plants in the retention pools system exhibited a maximum of 8 flowers per plant, the medium consisting of secon-

dary effluent, whereas the laboratory grown plants exhibited a maximum of 6 flowers per plant in the dilute nutrient medium.

Research Needs

One of the more important aspects of hyacinth growth in engineering and hydrological problems in the relationship of growth to surface area covered. Wet weight/dry weight related to the area of hyacinth cover under packed growth conditions would be important for management options which include harvest and use of the plant. Productivity under restricted growth and water volume displacement per unit area covered with hyacinth under restricted growth are also interesting concepts which would be useful in irrigation and inpoundment planning.

The problem of nutrient limiting and actual minimum composition of a "complete medium" should be addressed. Growth in a complete medium under conditions including low dissolved oxygen is a study which would help to clarify the root-growth/root-color problem.

Laboratory experiments in media typical of lakes, impoundments, etc., with a variable photo-period should be done. The photo-period observations appear to implicate molecular-clock mechanisms for flowering which could be most easily confirmed under laboratory conditions. Indeed the whole question of flowering and seed production responses to nutrient availability could also be studied most conveniently using laboratory experimentation.

Finally, we should point out that maximizing impoundment water retention for hyacinth growth in arid or semi-arid regions implies a knowledge of the potential of this plant for evapotranspiration. Our own qualitative estimates place the evapotranspiration rate among the highest in the plant kingdom, but, as yet no measurements of this critical parameter have been made.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very pleased to acknowledge the support given this work by the U.S. Department of Energy Through developmental grants by the University of Puerto Rico's Center for Energy and Environment Research. We acknowledge the sincere interest and facility support furnished by the Puerto Rico Aqueducts and Sewers Authority (PRASA).

We are indebted to Ray Dinges from the Texas Department of Health, for several helpful comments on the work.

Finally, we would be remiss not thank Juan J. Mayol, José Goitía, Phillips Weil, Angel García and Walter Lao of PRASA for the many helpful discussions we had with them concerning the capacity of water hyacinth for tertiary water treatment.

Bibliography

American Public Health Association. 1974. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14th Edition.

Bock, J.H. 1966. An Ecological Study of Eichhornia crassipes with Special Emphasis on its Reproductive Biology. Ph.D. Dissertation University of California, Berkeley.

Cooley, T.N. and D.F. Martin (1979). A Preliminary Study of Metal Distribution in Three Waterhyacinth Biotypes. Water Research Vol. 13 pp. 343-348.

Dinges, R. 1979. Personal Communication.

Long, V.S. and P.A. Smith. 1975. Effects of CO_2 Laser on Water Hyacinth Growth Aquatic Plant Control Program. Technical Report No. 11. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Station, Vicksburg, Mississippi.

McLean, K. 1932. Water Hyacinth a Serious Pest in Bengal. Agriculture J. of India. 17: 23-40.

Penfound, W.I. and T.T. Earle. 1948. The Biology of the Water Hyacinths. Ecological Monographs 18: 449-472.

Pettet, A. 1974. Seedlings of Eichhornia crassipes. A Possible Complication to Control Measures in the Sudan. Nature 201: 516-517.

Robinson, A.C., H.J. Gorman, M. Hillman, W.T. Lawhon, D.L. Maase and T.A. McClure. An Analysis of the Market Potential of Water Hyacinth - Based Systems for Municipal Wastewater Treatment. Battelle Columbus Laboratories Report No. BCL-OA-TFR-76-5.

Seaman, D.E. and W.A. Porterfield. 1964. Control of Aquatic Weeds by the Snail Marisa cornuarietis. Weeds 12: 82-87.

Steward, K.K. 1970. Nutrient Removal Potentials of Various Aquatic Plants. Hyacinth Control 8: 34-35.

Westlake, D.F. 1963. Comparisons of Plant Productivity. Biology Review 38: 385-425.

Wolverton, B.C. and R.C. McDonald. 1976. Water Hyacinths for Upgrading Sewage Lagoons to meet Advanced Eastewater Treatment Standards. Part II. NASA Technical Memorandum.

_____, and R.C. McDonald. 1976. Water Hyacinths Cursed for a Century May Redeem Itself - Submitted for Publication in New Scientist.

DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES FISICOS, QUIMICOS Y BIOTICOS DE SEIS ESTUARIOS RIBEREÑOS DE LA COSTA NORTE DE PUERTO RICO 1/

Luis Negrón y Gilberto Cintrón
Area de Investigaciones Científicas
Departamento de Recursos Naturales

RESUMEN

Los estuarios ribereños de la costa norte de Puerto Rico, entre Luquillo y Barceloneta, presentan un patrón hidrodinámico similar. El poco declive de la planicie costera permite que los ríos que corren por ella tengan intrusiones de agua salada hasta puntos relativamente lejanos de la costa. La penetración de la cuña de agua salada en los ríos crea un patrón de circulación en la cual la capa superior de agua dulce fluye hacia el mar mientras que la cuña de agua salada se mueve río arriba. El grado de estratificación es función de las características físicas del estuario. Debido al tamaño de las cuencas y a las fluctuaciones en la pluviosidad, se observan cambios súbitos en las descargas de los ríos.

Durante épocas de lluvia el incremento en el flujo de agua dulce reduce la intrusión salina hasta hacerla desaparecer. Una vez el caudal de agua dulce se reduce, la cuña se reestablece.

La calidad del agua es resultado del uso de los terrenos y de los procesos hidrodinámicos que ocurren a lo largo de las cuencas de drenaje.

La composición biótica de los estuarios está asociada a la calidad del agua mientras que la flora y fauna del litoral está asociada a la geomorfología y al uso dominante de la tierra.

INTRODUCCION

La ley para el Manejo de la Zona Costanera (1972) define los estuarios como la porción de los ríos, riachuelos u otros cuerpos de agua con conección al mar en donde el agua salada se diluye con el agua dulce proveniente del drenaje terrestre. El Servicio de Pesca y Vida Silvestre define el límite tierra adentro del estuario como aquel punto donde la salinidad del agua es igual ó mayor de 0.5‰ durante los períodos de menor

1/ Este trabajo está basado en el estudio "Ecology of Estuaries in Puerto Rico: A Description of their Physical and Biological Components and their Interation" realizado por el Departamento de Recursos Naturales con fondos federales. Dingle Johson.

flujo promedio. Hacia el mar, el límite se extiende hasta la porción protegida de la desembocadura de los ríos o bahías, ó hasta donde estén presentes organismos estuarinos.

Debido a la alta precipitación en la costa norte de Puerto Rico (mayor de 1,500 mm/año), los ríos que desembocan en esta costa son los más caudalosos drenando el 58% de las escorrentías producidas en toda la Isla. Los llanos costeros son amplios y quedan a poca elevación sobre el nivel del mar, lo que permite que los ríos que corren por ellos tengan intrusiones salinas hasta puntos relativamente lejanos de la costa.

Los estuarios estudiados fueron las desembocaduras de los ríos Mameyes, Espíritu Santo, Loíza, La Plata, Cibuco y Manatí (Fig. 1).

La proximidad de los ríos y la relativa uniformidad climatológica de la región (Fig. 1) permite que el patrón hidrológico de descargas sea similar en estos estuarios (Fig. 2). Las descargas promedios son comparables al régimen de precipitación pluvial, con algunas modificaciones debidas a la capacidad de retención de los suelos en la cuenca.

Anualmente las mayores descargas ocurren luego de los primeros tres meses del año. La pequeña extención geográfica de las vertientes permite que las descargas de agua dulce sean súbitas y de corta duración.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron cinco estaciones de muestreo en cada estuario (Fig. 3).

Los datos metereológicos se obtuvieron de las estaciones del Servicio Metereológico Federal (USWS) más cercanos a los estuarios. Los valores de las descargas se obtuvieron de Servicio Geológico Federal de los Estados Unidos (USGS).

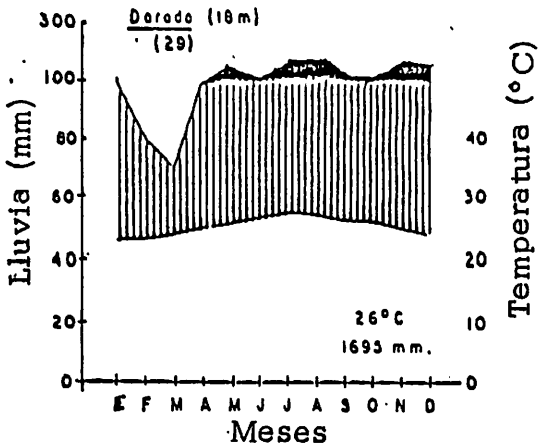
Los perfiles batimétricos se hicieron utilizando una ecosonda (Raytheon survey type).

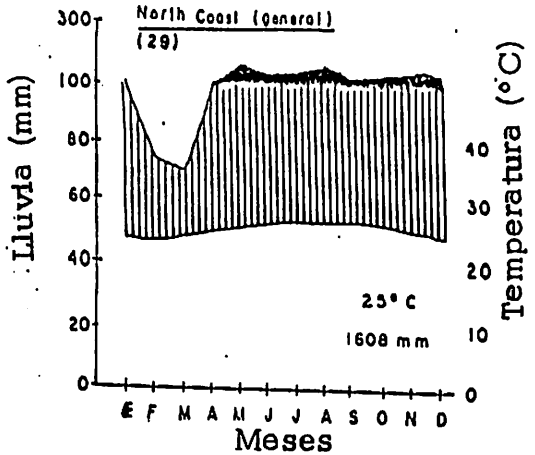
La transparencia se estimó de las lecturas del disco Secchi (30 cm). El coeficiente de extinción se estimó también de las lecturas del disco Secchi utilizando la siguiente fórmula empírica:

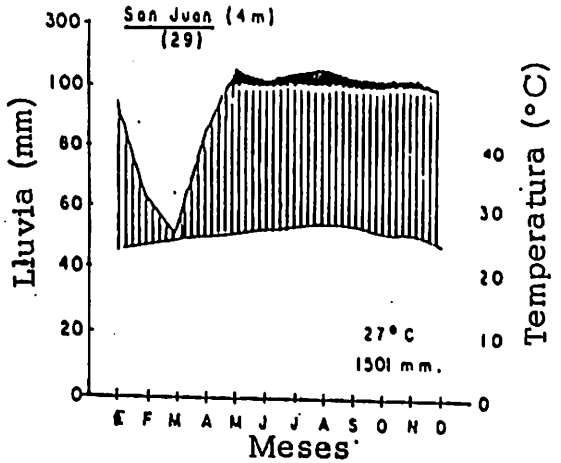
$$K_e = \frac{1.7}{d} \quad \text{(Pole y Atkin, 1929; Clarke, 1941)}$$

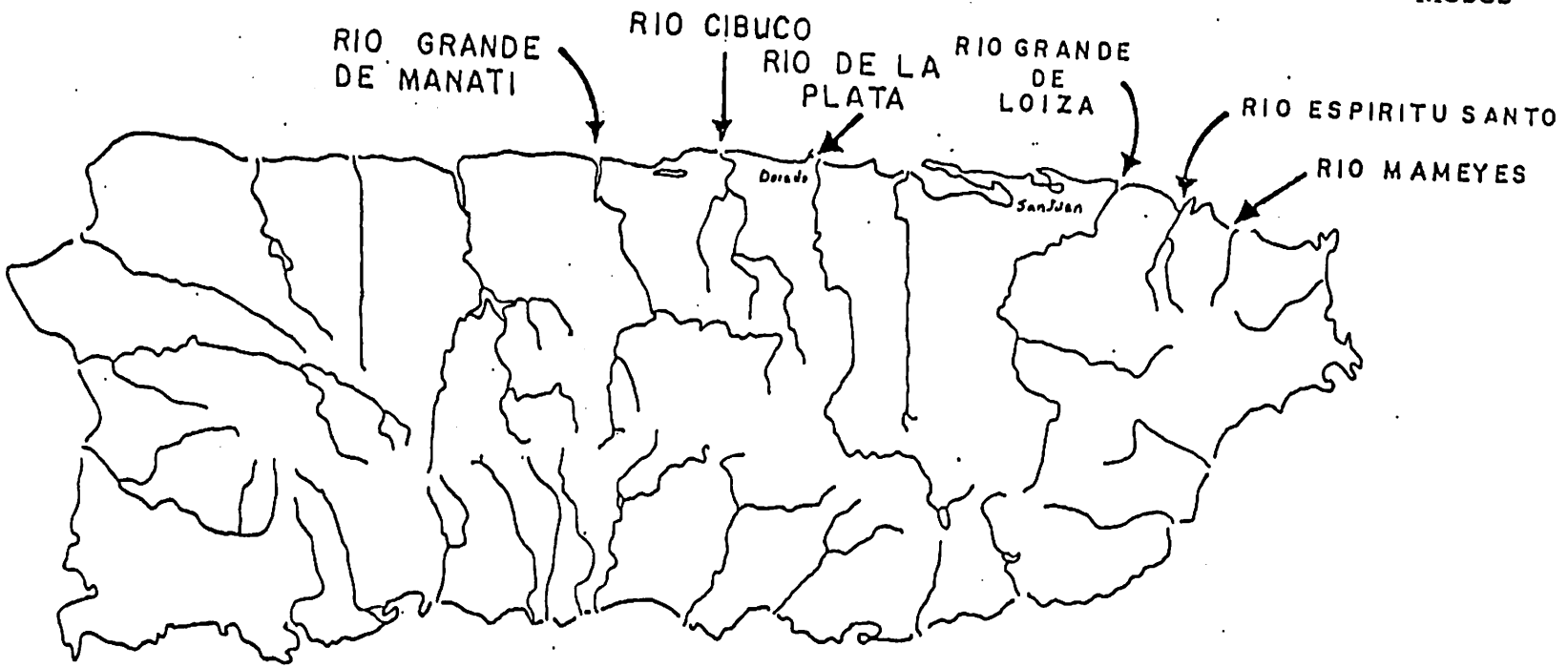
En esta fórmula, d corresponde a la profundidad determinada con el disco Secchi. El coeficiente de extinción a la base 10 se calculó dividiendo K_e por 2.3.

PUERTO RICO



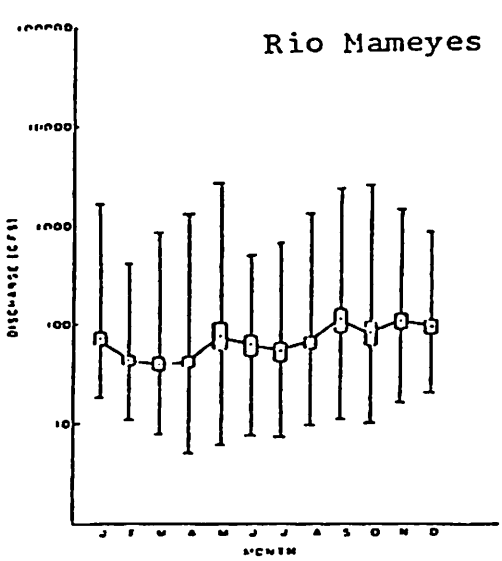


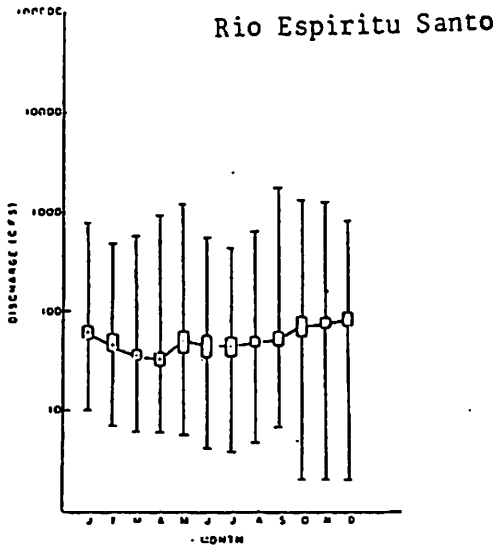


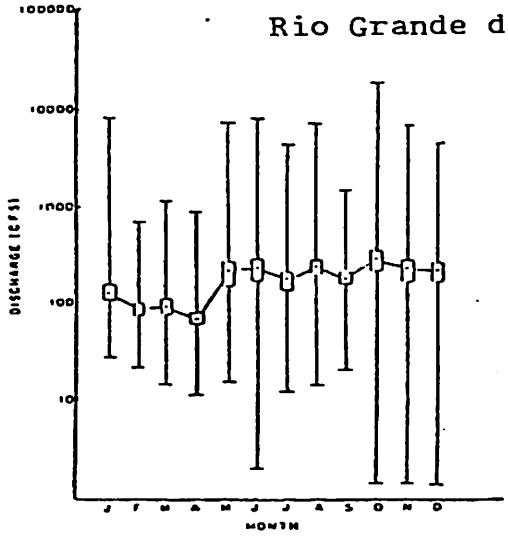


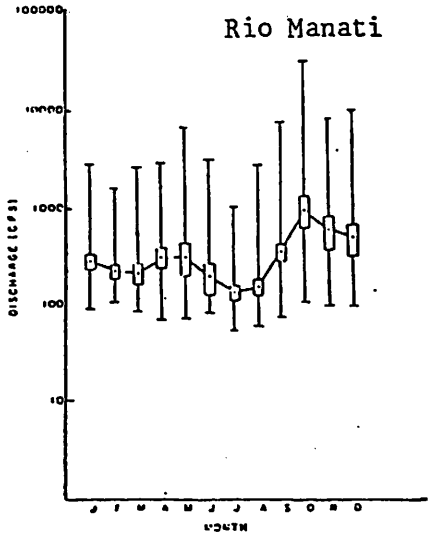
0 10 20 30 40 50 KM.

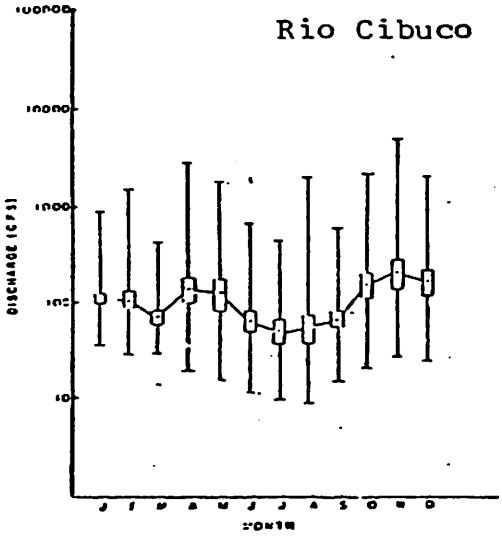
Figura 1


Rio Mameyes
DISCHARGE (CFS)
MONTH


Rio Espiritu Santo
DISCHARGE (CFS)
MONTH


Rio Grande de Loiza
DISCHARGE (CFS)
MONTH


Rio Manati
DISCHARGE (CFS)
MONTH


Rio Cibuco
DISCHARGE (CFS)
MONTH

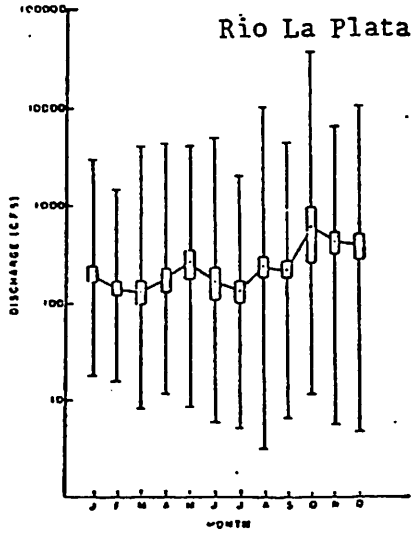
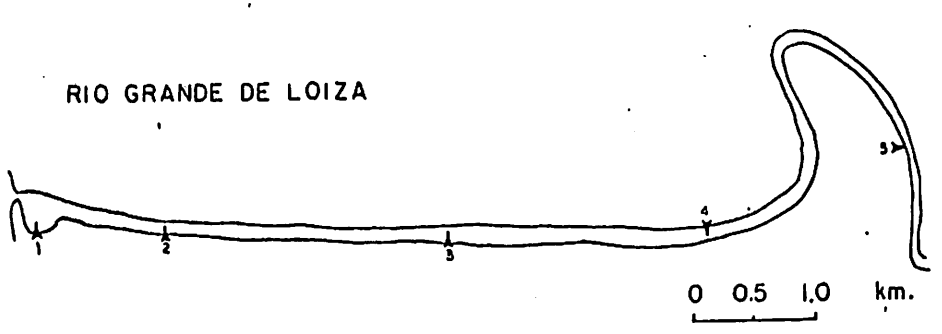
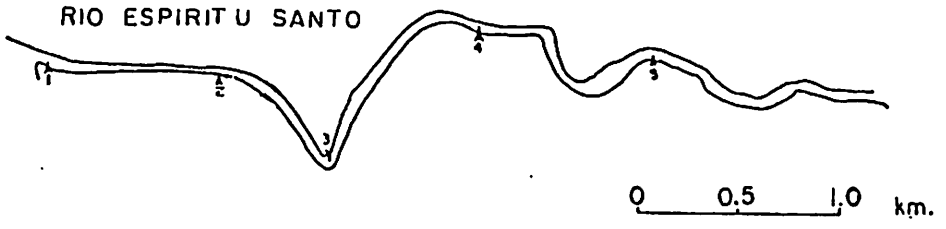
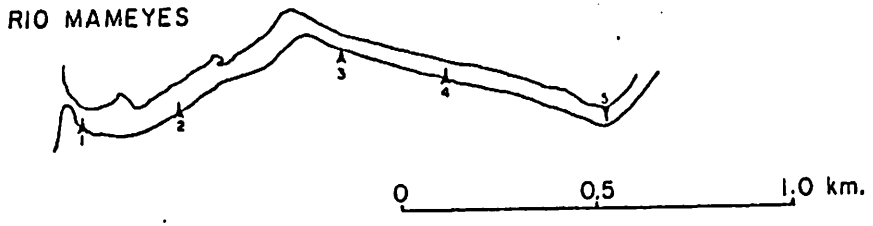
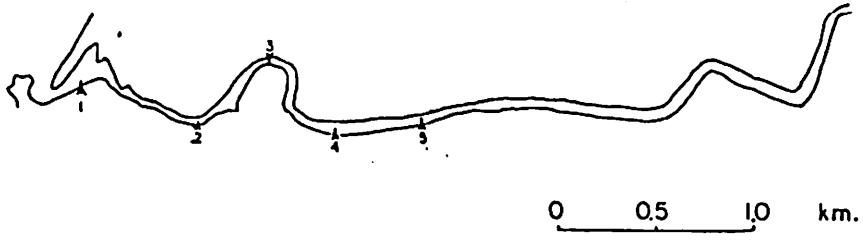

Rio La Plata
DISCHARGE (CFS)
MONTH

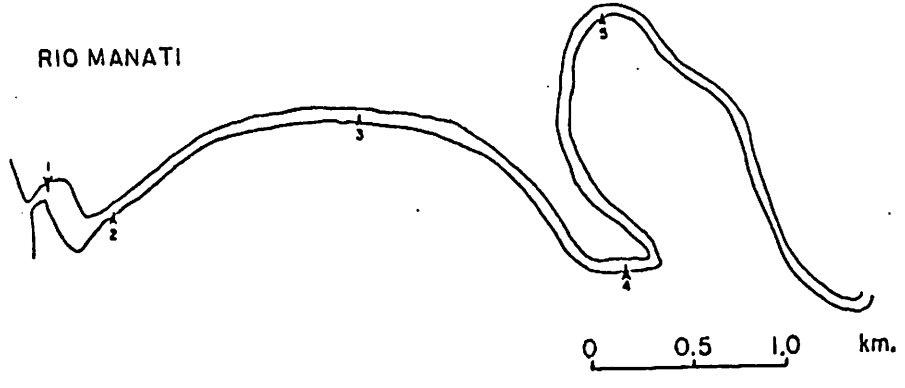
Figura 2

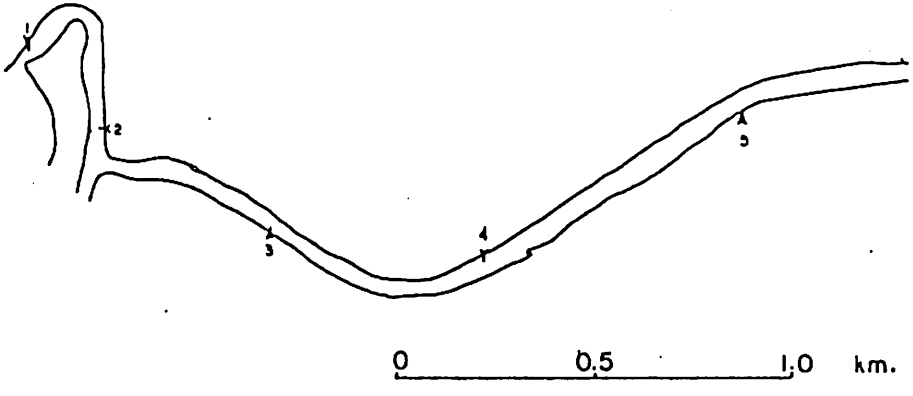












ESTACIONES DE MUESTREO

Figura 3

Las muestras de agua se coleccionaron usando una bomba eléctrica activada con una batería de 12 voltios.

La salinidad, temperatura y oxígeno se determinaron en el campo. Estas medidas se hicieron utilizando un refractómetro Goldberg T/C de mano (modelo 10419) y un metro de oxígeno YIS modelo 51B con un electrodo polarográfico. Los perfiles en cada estación se hicieron a intervalos de 0.5 metros de profundidad.

Las muestras de agua para análisis químico fueron refrigeradas ó fijadas en el campo. El análisis químico de amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo total, fosfato, sulfídrico de hidrógeno y pH se hizo siguiendo las técnicas aceptadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1974) y de acuerdo a los métodos de Strickland y Parson (1968). Calcio, magnesio, sodio y potasio fueron analizados con un espectrofotómetro de absorción atómica.

La pesca experimental se llevó a cabo con redes de monofilamento de nilón, de 30.5 m de largo y con mallas de 13 mm a 51 mm. Los peces capturados se identificaron, se midieron y se pesaron.

Datos de fotointerpretación de la Oficina de Inventario Científico (DRN) se utilizaron para preparar mapas de las zonas estuarinas. Observaciones e inspecciones de campo se llevaron a cabo para obtener información de la biota y verificar los mapas de vegetación.

RESULTADOS Y DISCUSION

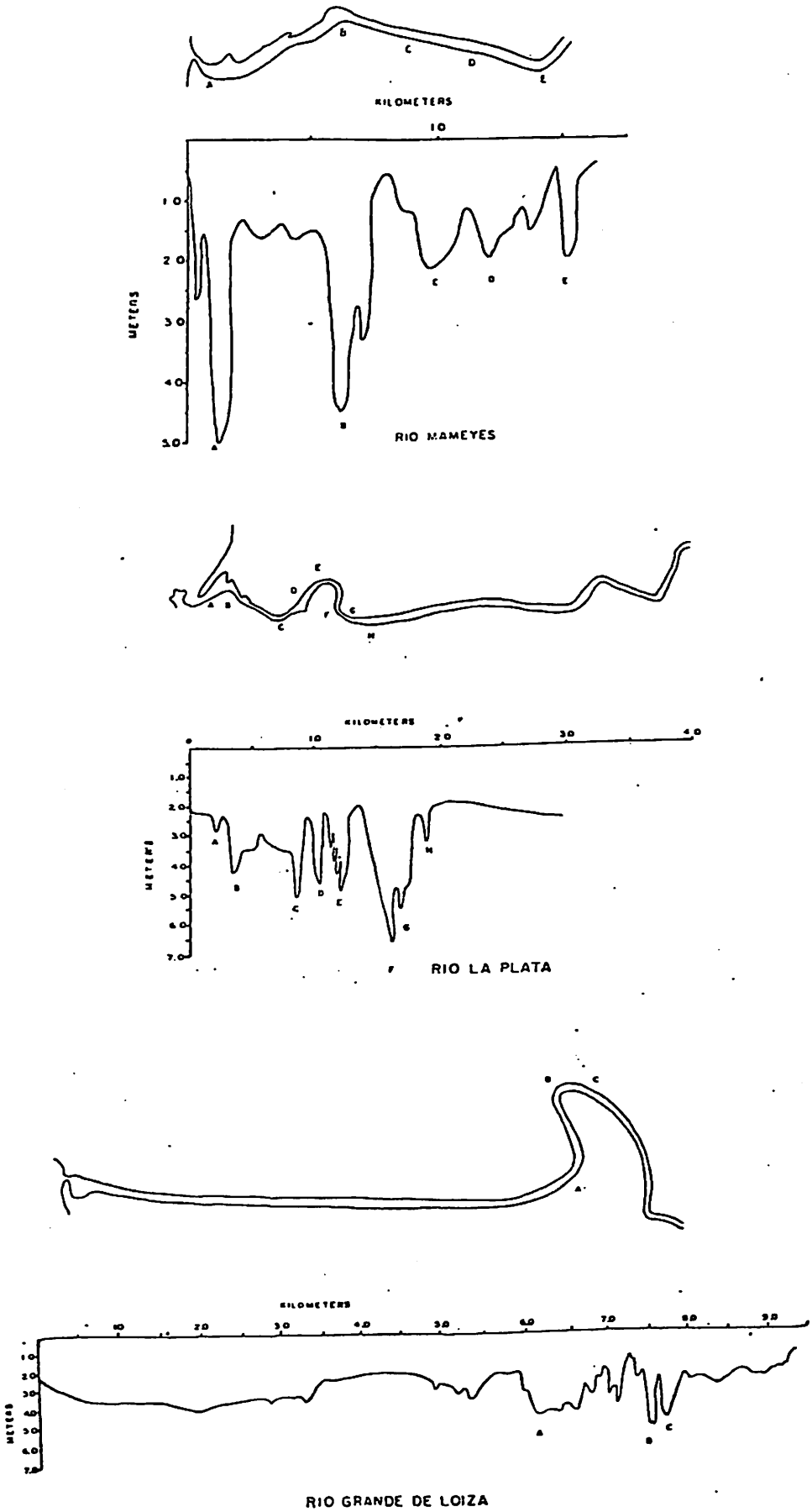
Perfil de lecho de los estuarios

Los fondos de los estuarios que fueron estudiados son irregulares y presentan una batimetría con abruptas depresiones ó agujeros. Algunos de estos son producto de dragados ó extracciones de grava y arena, como los de los ríos Mameyes, Loíza y la Plata (Fig. 4). Otros estan asociados, sin embargo, a la geomorfología del estuario y son el resultado del lavado del fondo del río.

Mareas

El grado de intrusión de sal en el río está determinada en gran parte por la fluctuación vertical de la marea. En el área del estudio las mareas son semidiurnas y de pequeña amplitud. La amplitud promedio es de solamente 0.3 m. La poca energía de la marea contribuye al estancamiento de las aguas. En períodos de flujos bajos, la energía de las mareas no es suficiente para mantener los ríos abiertos. El movimiento de arena a lo largo del litoral provoca la formación de bancos de arena que obstruyen la boca de los ríos quedando los estua-

Figura 4


KILOMETERS
METERS
RIO MAMEYES
RIO LA PLATA
RIO GRANDE DE LOIZA

ríos aislados de la influencia de las mareas.

Durante los períodos de sequía, los ríos Manatí, Cibuco, La Plata y Mameyes estuvieron prácticamente aislados del mar. El Río Grande de Loíza quedó casi completamente cerrado con la formación de una extensa barrera de arena, mientras que en el Río Espíritu Santo la boca permaneció abierta y sujeta al cambio de mareas. Esto debido a que la boca de este río está protegida por la península de Punta Miquillo (Fig. 5).

Transparencia

La Tabla 1 presenta los datos de transparencia. Las profundidades promedio registradas con el disco Secchi fueron: 0.79 m para el estuario del Río Mameyes, 1.40 m en el Espíritu Santo, 0.54 m en el Río Grande de Loíza, 0.78 m en La Plata, 0.59 m en Cibuco y 0.79 m en el estuario del Río Manatí.

La penetración máxima fué en el estuario del Río Espíritu Santo en donde gran parte de la columna de agua está sobre el nivel de 1% de luz. La penetración mínima de la luz fué en Loíza donde la profundidad de la zona fótica ocurrió a menos de 2.1 m.

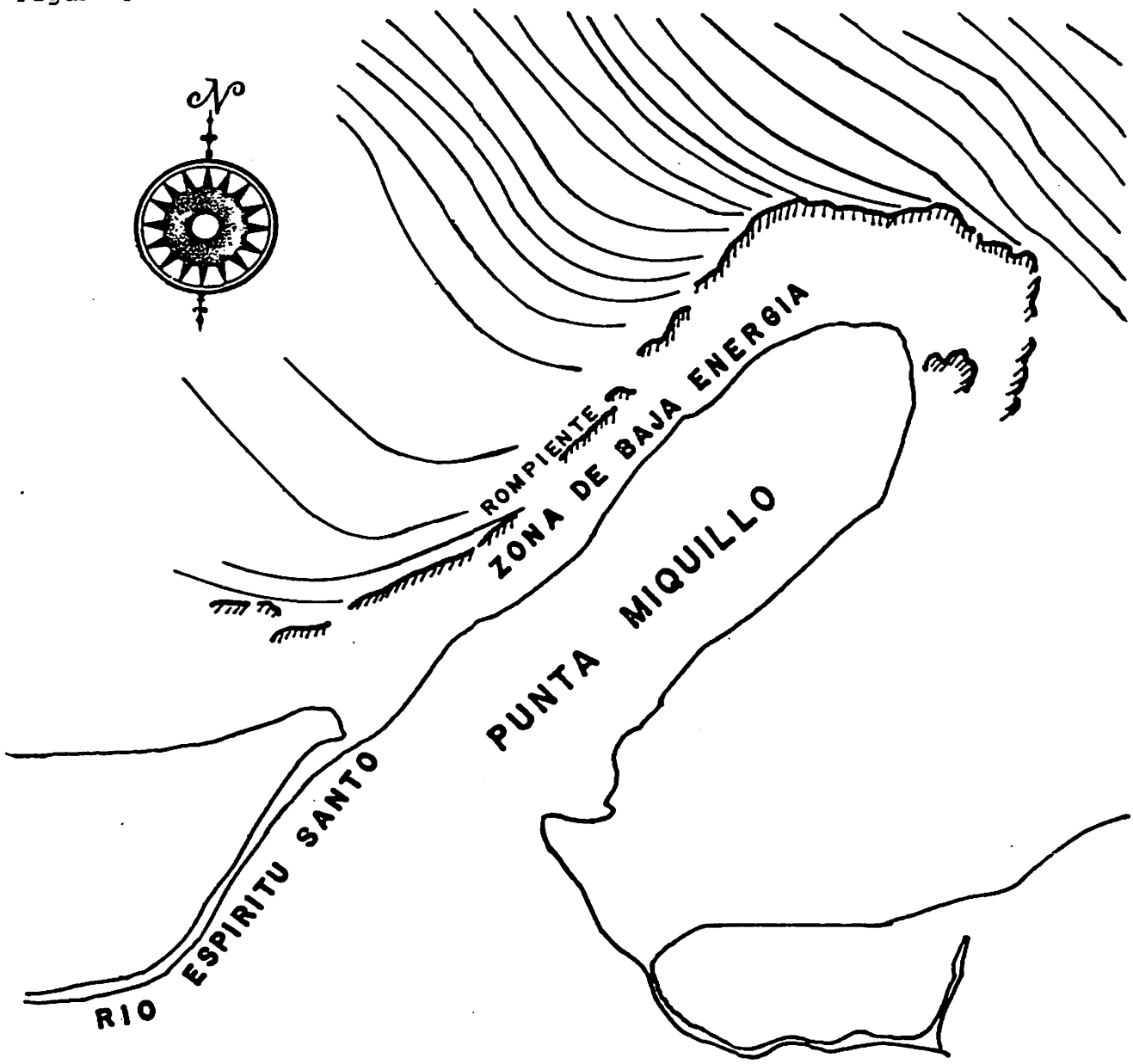
Se observó en algunos estuarios una tendencia de incremento en la turbidez hacia la desembocadura. Este incremento en la turbidez aparentemente está asociado a la turbulencia provocada por el viento, la marea y el oleaje en la columna del agua.

En los ríos Manatí, Cibuco, La Plata, Loíza y en ocasiones en el Río Mameyes, los niveles de turbidez del agua impiden la oxigenación del fondo por la actividad fotosintética de las plantas. Estos fondos quedan por debajo de la zona donde la tasa de fotosíntesis (P) es mayor que la tasa de respiración (R).

Salinidad

Todos los estuarios estudiados presentaron un patrón casi permanente de estratificación de sal. La cuña de agua salada penetró río adentro hasta un máximo de 9.5 Km en el estuario del Río Grande de Loíza (Fig. 6). Las diferencias promedios en salinidad entre la superficie (0-10‰) y el fondo (22 – 25‰) fueron marcadas. El grosor de las capas y el grado de estratificación varió de acuerdo al flujo. Durante períodos de inundaciones la cuña de agua salada fue lavada por el río fuera del estuario (Fig. 7). La cuña se restablece rápidamente al disminuir las descargas de agua dulce. Debido al régimen hidrológico en el área, no existe un período ó estación en el año donde la cuña permanezca mucho tiempo fuera del estuario. Sin embargo, durante las épocas de lluvia se obser-

Figura 5



DESEMBOCADURA DEL

RIO ESPIRITU SANTO

0 .5 1

Km

Tabla 1

PENETRACION DE LUZ EN LOS ESTUARIOS ESTUDIADOS
ESTIMADOS DE LA DATA DEL DISCO SECCHI

Estuario	Estación	Secchi(m)	Coeficiente de extinción (Ke)	Profundidad aproximada de 1% del nivel de luz	Profundidad
Mameyes	1	1.30	1.31	3.5	4.0
	2	0.43	3.95	1.2	1.5
	3	0.51	3.33	1.4	1.6
	4	0.80	2.13	2.7	2.0
	5	0.91	1.87	2.5	1.5
Espíritu Santo	1	1.00	1.70	2.7	1.0
	2	1.42	1.20	3.8	2.5
	3	1.27	1.34	3.4	4.0
	4	1.30	1.31	3.5	3.0
	5	1.83	0.93	5.0	4.0
Loíza	1	0.42	4.05	1.1	1.5
	2	0.40	4.25	1.1	1.5
	3	0.46	3.70	1.2	2.5
	4	0.66	2.58	1.8	3.5
	5	0.78	2.18	2.1	2.5
La Plata	1	0.71	2.39	1.9	2.5
	2	0.76	2.24	2.1	2.5
	3	0.78	2.18	2.1	3.0
	4	0.84	2.02	2.3	2.5
	5	0.82	2.07	2.2	3.0
Cibuco	1	0.61	2.79	1.7	1.5
	2	0.65	2.62	1.8	1.5
	3	0.74	2.30	2.0	2.0
	4	0.39	4.36	1.1	1.7
	5	0.58	2.93	1.6	1.5
Manatí	1	0.54	3.15	1.5	2.0
	2	0.88	1.93	2.4	3.0
	3	0.92	1.85	2.5	3.0
	4	0.99	1.72	2.7	3.0
	5	0.60	2.83	1.6	3.5

Figura 6

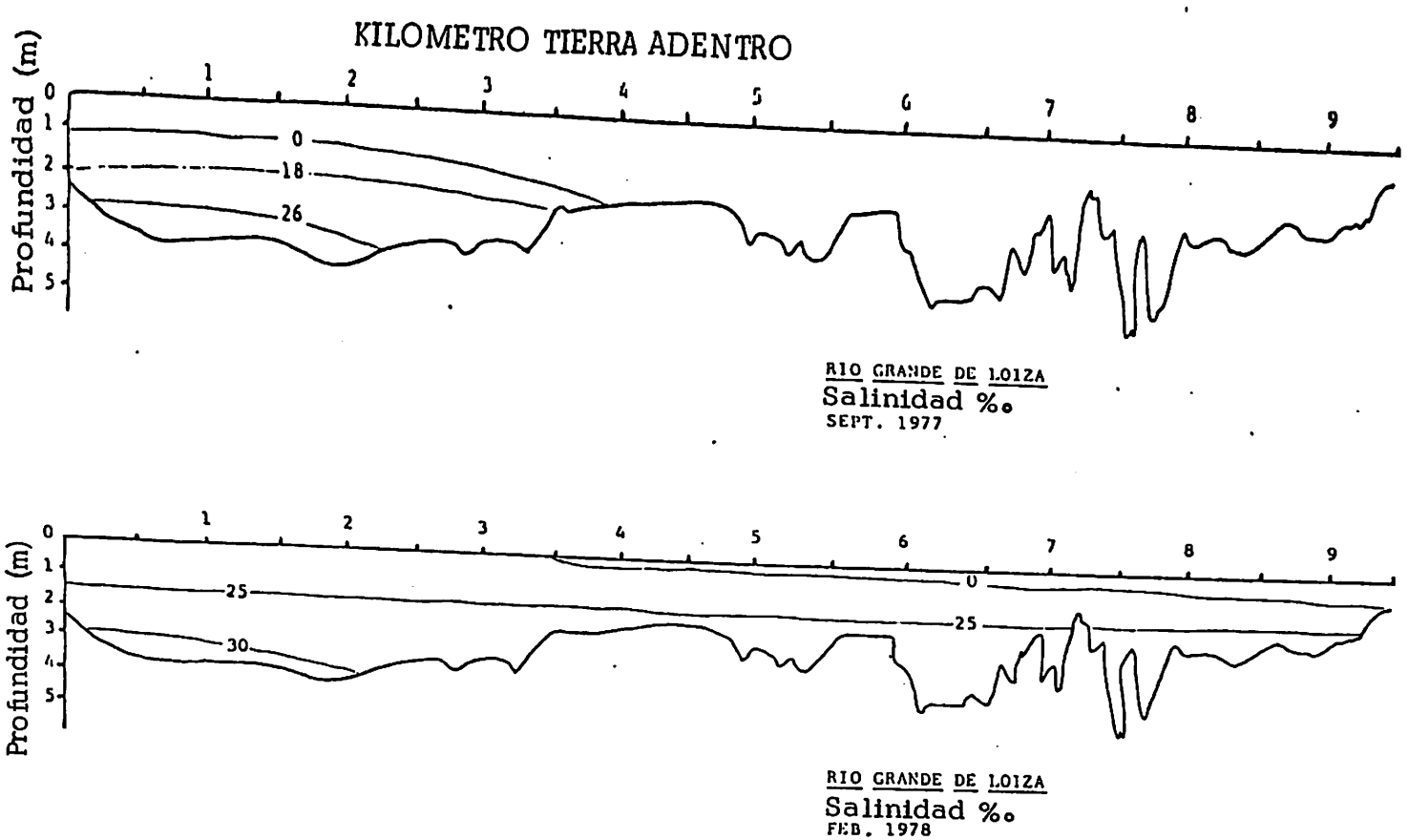
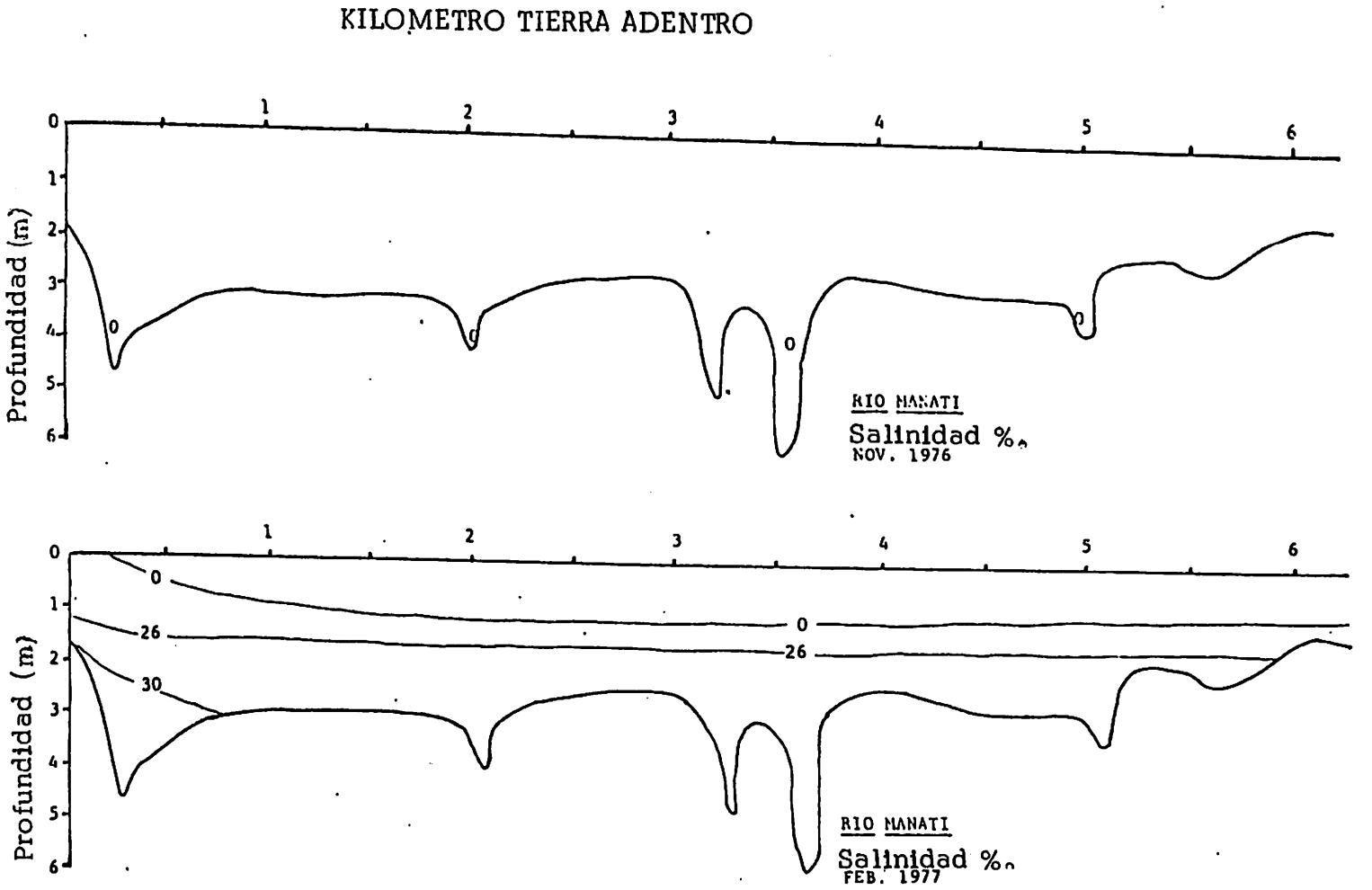

KILOMETRO TIERRA ADENTRO
Profundidad (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
18
26
RIO GRANDE DE LOIZA
Salinidad ‰
SEPT. 1977
Profundidad (m)
25
30
0
25
RIO GRANDE DE LOIZA
Salinidad ‰
FEB. 1978

Figura 7


KILOMETRO TIERRA ADENTRO
Profundidad (m)
RIO MANATI
Salinidad ‰
NOV. 1976
RIO MANATI
Salinidad ‰
FEB. 1977

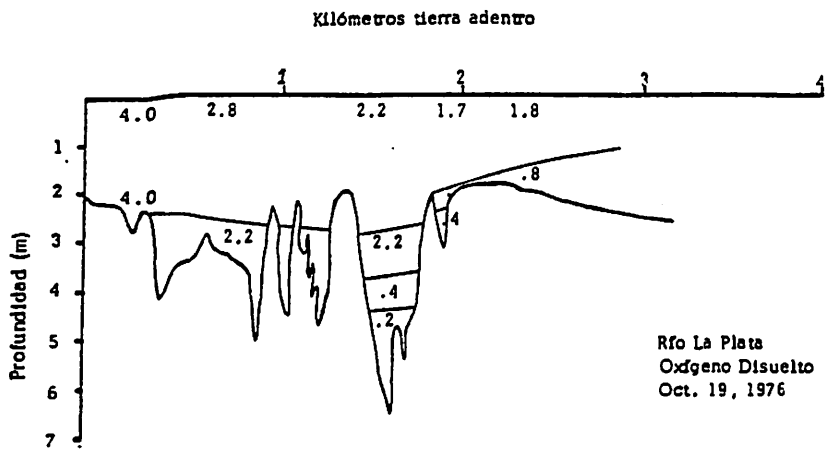
van con mayor frecuencia pulsos en donde la cuña es desplazada por las descargas de agua dulce. Esto se debe al patrón de lluvia en la región y al pequeño tamaño de las cuencas hidrográficas que no mantienen altos niveles de descarga por mucho tiempo.

Oxígeno disuelto

El marcado gradiente en salinidad indica poca mezcla y por lo tanto poco intercambio de oxígeno en la columna de agua. Debido al poco movimiento vertical del agua y a la barra de arena que impide el movimiento horizontal, la cuña de agua salada se estanca y se torna anóxica. Durante períodos de marejadas las intrusiones de agua de mar oxigenan el fondo del estuario. Sin embargo esos niveles rápidamente disminuyen a causa de la gran demanda bioquímica de oxígeno.

Gran parte del lecho del estuario de los ríos Manatí, La Plata y Loíza son deficientes en oxígeno disuelto, condición que se agrava debido a las depresiones en el fondo del río que actúan como trampas de agua salada (Fig. 8).

Figura 8



El oxígeno disuelto generalmente disminuye con la profundidad y está asociado con la estratificación en el agua. En el Espíritu Santo, el libre movimiento de la cuña y la transparencia del agua permiten, por el contrario, que se encuentren valores altos de oxígeno disuelto en el fondo. Valores altos de oxígeno disuelto en la superficie en exceso de 25 partes por mil se observaron en el Río Grande de Loíza. Estos niveles son varias veces más altos que los valores de saturación de oxígeno en el agua y son resultados de la eutroficación del estuario.

Temperatura

La temperatura del agua de los seis estuarios estudiados fue más o menos uniforme durante el año (21-30°C). La tem-

peratura de la cuña de agua salada fue más uniforme y más alta que la de las capas superficiales. Esta diferencia en temperatura se debe al aporte de agua dulce proveniente de las montañas.

Sedimentos

Estos estuarios reciben grandes aportes de sedimentos que provienen de los sistemas naturales ó de las actividades humanas. Durante períodos de poco flujo los sedimentos se acumulan continuamente en el fondo de los estuarios siendo movidos río arriba por la intrusión de la cuña de agua salada. Con las primeras lluvias torrenciales, esta capa de sedimentos se resuspende y causa la rápida desaparición de oxígeno en la columna de agua. La materia eventualmente se deposita en el fondo y consume el oxígeno de las capas inferiores (prácticamente estancadas). Grandes extenciones de los estuarios se convierten en lugares estériles debido a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y altos niveles de H_2S (2 a 6 ml/l). En ocasiones estas condiciones producen grandes mortandades de peces.

Nutrientes

Como producto de las escorrentías, las riadas y las descargas de efluentes domésticos, los estuarios reciben un aporte excesivo de nutrientes. Esto crea condiciones de alta productividad en ocasiones no aprovechables por el sistema. La Tabla 2 presenta las concentraciones promedios de macronutrientes en los estuarios estudiados.

Tabla 2.

NIVELES DE NUTRIENTES EN LOS ESTUARIOS ESTUDIADOS

Parámetro (Mg./L)	Mameyes Promedio (e.s.)	Espíritu Santo Promedio (e.s.)	Loíza Promedio (e.s.)	La Plata Promedio (e.s.)	Cibuco Promedio (e.s.)	Manatí Promedio (e.s.)
Fósforo superficie	0.05 (0)	0.17 (.04)	0.07 (.01)	0.37 (.02)	0.88 (.18)	0.22 (.01)
fondo	0.06 (.01)	0.05 (.01)	0.03 (.01)	0.30 (.02)	0.90 (.18)	0.20 (.02)
Fosfato superficie	0.02 (0)	0.10 (.94)	0.03 (.01)	0.26 (.01)	0.30 (.04)	0.14 (.00)
fondo	0.02 (0)	0.01 (0)	0.03 (.01)	0.20 (.18)	0.27 (.05)	0.10 (.01)
Nitrato superficie	0.08 (.01)	0.09 (.03)	0.37 (.05)	0.24 (.04)	0.78 (.10)	0.84 (.19)
fondo	0.04 (.00)	0.01 (.00)	0.05 (.01)	0.07 (.02)	0.47 (.10)	0.35 (.16)
Nitrito superficie	0.01 (0)	0.00 (0)	0.04 (0)	0.03 (0)	0.02 (0)	0.04 (0)
fondo	0.00 (0)	0.01 (0)	0.01 (0)	0.01 (0)	0.01 (0)	0.07 (03)
Amoniaco superficie	0.16 (.04)	0.21 (.04)	0. .15 (.04)	0.5 (.06)	0.56 (.20)	1.03 (.16)
fondo	0.19 (.05)	0.06 (.01)	0. .19 (.03)	0.79 (.13)	0.27 (.07)	0.92 (.11)

Se encontraron altas concentraciones de nutrientes en los ríos Manatí, Cibuco y La Plata. Los valores menores ocurrieron en Mameyes y Espíritu Santo. Bajos niveles de nutrientes se observaron en la cuña de los ríos Mameyes, Espíritu Santo y Loíza. Posiblemente debido a la alta renovación del agua del fondo en estos estuarios. Los fondos de los ríos Manatí, La Plata y Cibuco estuvieron prácticamente estancados debido a la formación de barras de arena.

En general, las concentraciones de nutrientes fueron mayores en la capa de agua dulce, sugiriendo el enriquecimiento de esta capa por escorrentías terrestres.

El patrón estacional en los niveles de macronutrientes estuvo relacionado con el régimen hidrológico local. Se observaron altos niveles de nutrientes durante el período de lluvias (Fig. 9).

Altos niveles de nutrientes también se encontraron en las depresiones de los lechos de los estuarios La Plata y Manatí (Fig. 10 y 11). Condiciones anóxicas se observaron en las depresiones en el lecho del río de La Plata. Estas condiciones favorecen la solubilidad de compuestos fosfatados y promueve la difusión de formas solubles de los sedimentos a la columna de agua. Condiciones anaeróbicas están asociadas con altos niveles de amoniaco, los cuales son producto de la reducción de los nitratos que entran al estuario por las escorrentías. Altos niveles de amoniaco también se encuentran en estuarios bordeados por manglares. Amoniaco es la forma más común de nitrógeno en estos ambientes dado la naturaleza reductora de los suelos del manglar.

Los manglares también contribuyen al enriquecimiento debido a la presencia de nidos y aviarios. Altos niveles de fósforo estuvieron asociados con aviarios de garzas en estuario de los ríos Cibuco y Espíritu Santo.

Altos niveles de nitrito y amoniaco estuvieron asociados a efluentes domésticos. En los ríos Manatí, La Plata y Espíritu Santo los altos niveles de estos compuestos se hallaron próximos a las zonas de descarga de las plantas de tratamiento de aguas negras.

Los niveles de nutrientes fueron mayores en los estuarios de intenso uso agrícola o ganadero (La Plata y Manatí). Recíprocamente, los niveles de nutrientes fueron menores en aquellos estuarios forestados en donde las cuencas están protegidas y el impacto por actividades humanas es menor (Mameyes y Espíritu Santo). La Tabla 3 resume el uso dominante de la tierra según datos obtenidos de la Oficina de Inventario Científico (DRN).

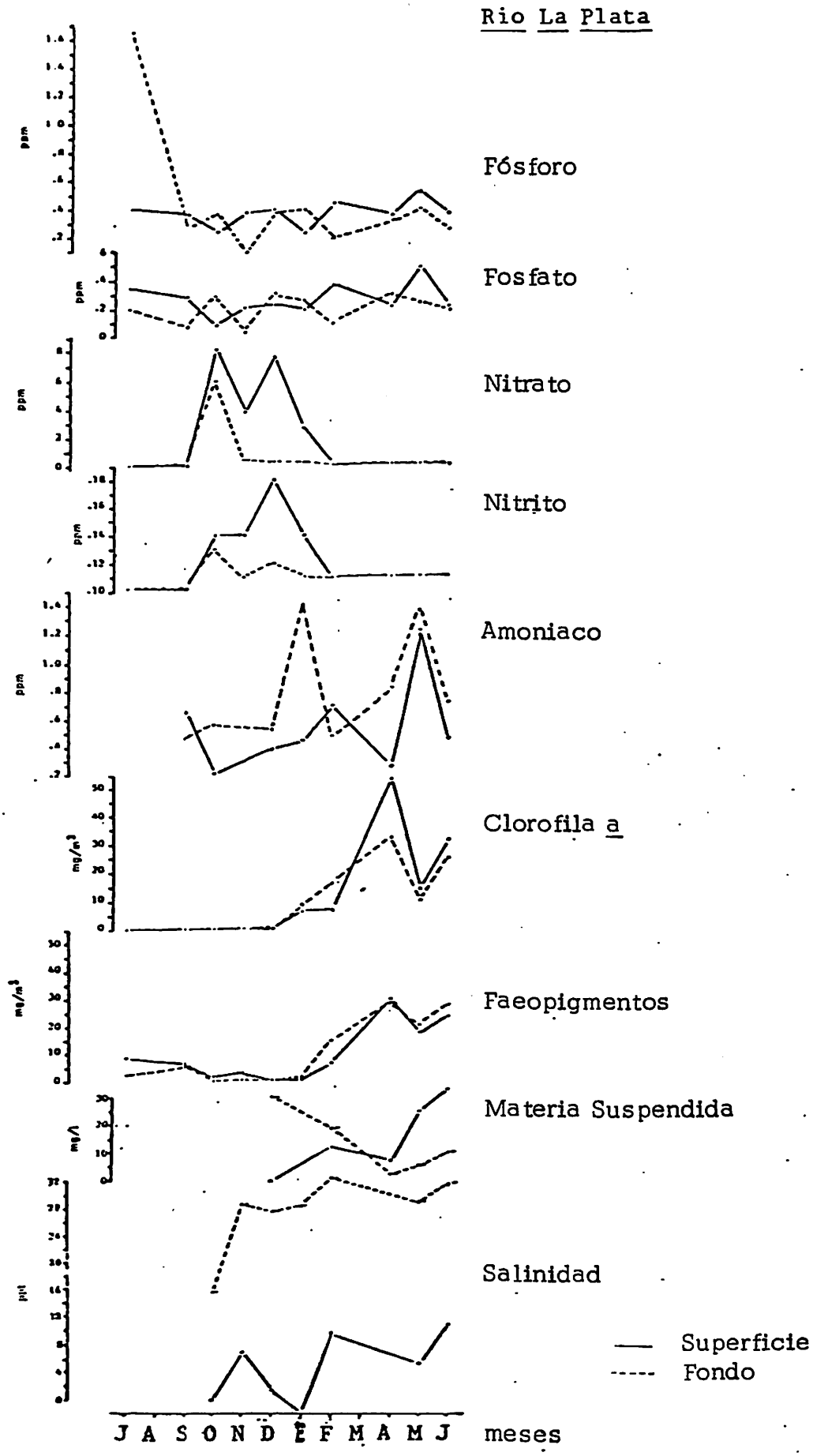

Rio La Plata
Fósforo
Fosfato
Nitrato
Nitrito
Amoniaco
Clorofila a
Faeopigmentos
Materia Suspendida
Salinidad
Superficie
Fondo
J A S O N D E F M A M J
meses

Figura 9

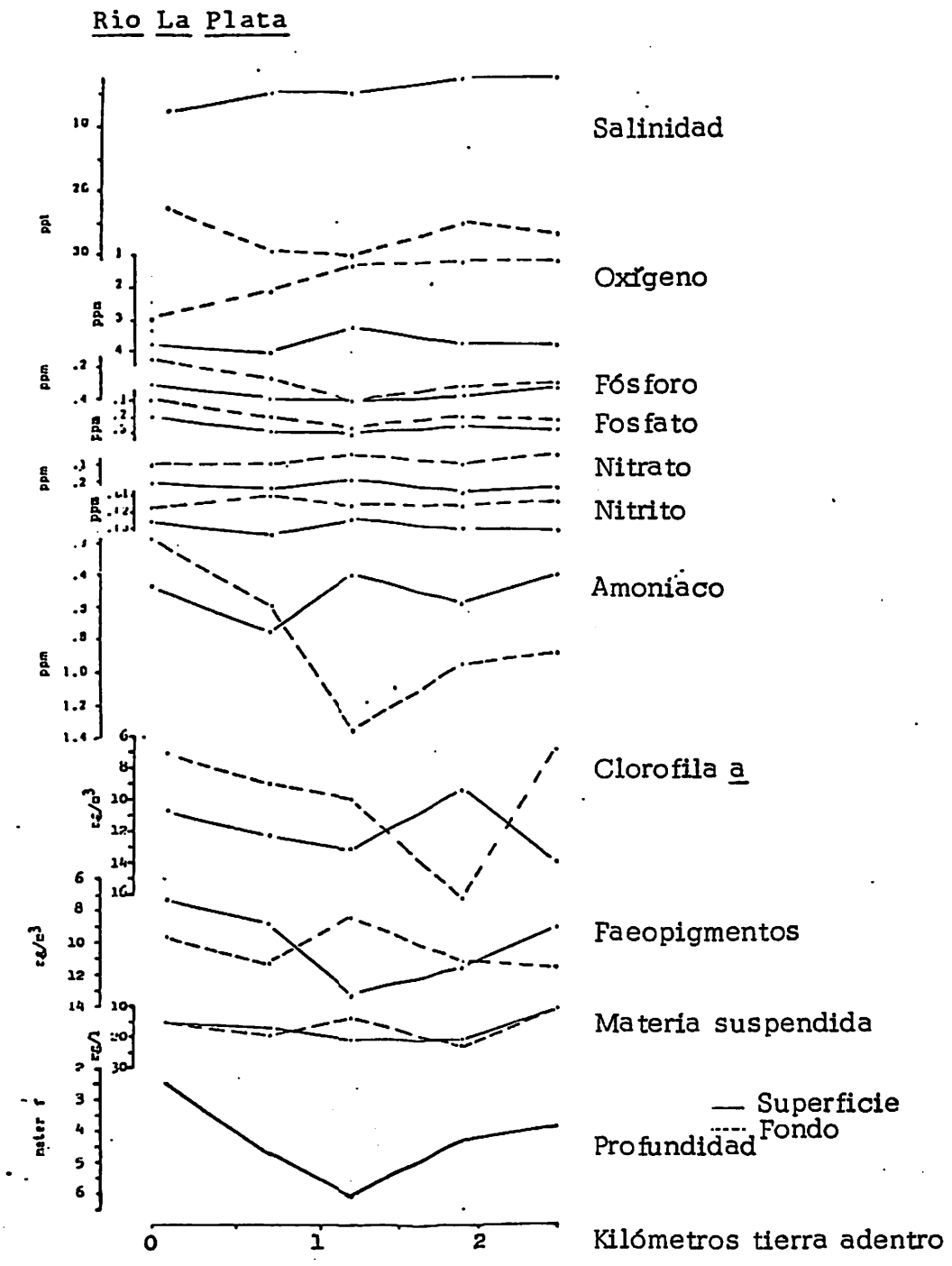

Rio La Plata
Salinidad
Oxígeno
Fósforo
Fosfato
Nitrato
Nitrito
Amoniaco
Clorofila a
Faeopigmentos
Materia suspendida
Profundidad
Superficie
Fondo
Kilómetros tierra adentro
0
1
2

Figura 10

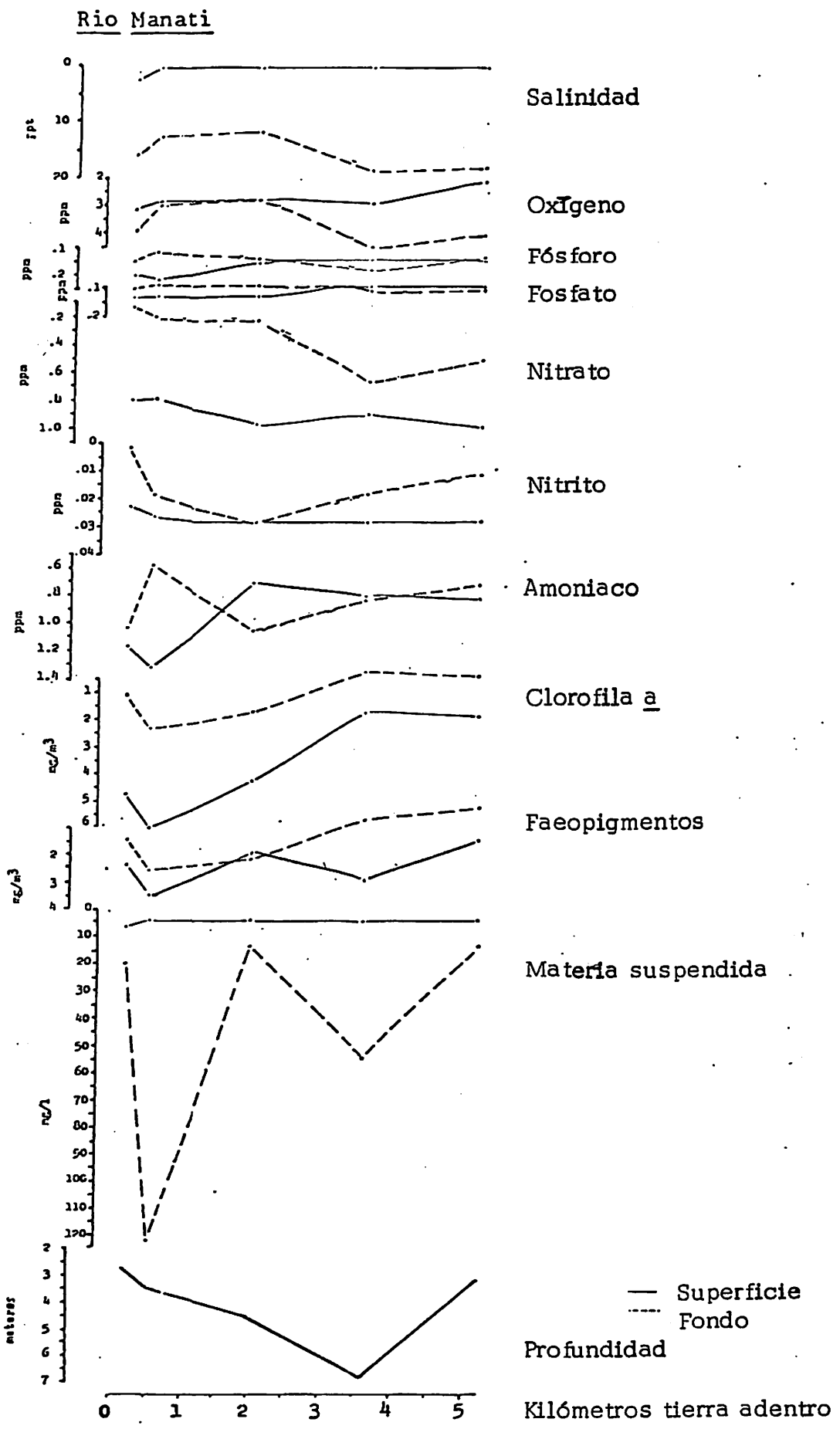

Rio Manati
Salinidad
Oxígeno
Fósforo
Fosfato
Nitrato
Nitrito
Amoniaco
Clorofila a
Faeopigmentos
Materia suspendida
Superficie
Fondo
Profundidad
Kilómetros tierra adentro
0
1
2
3
4
5

Figura 11

Tabla 3

Usos de Terreno	Cuencas Hidrográficas											
	Mameyes		Espíritu Santo		Loiza		La Plata		Cibuco		Manatí	
	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Agricultura	1347.11	(29.47)	6415.24	(43.12)	53586.8	(64.79)	42352.85	(61.53)	20766.11	(58.10)	13289.66	(31.55)
Bosques	2963.18	(64.83)	6165.96	(41.44)	18383.74	(22.22)	17678.92	(25.68)	9572.74	(26.78)	25635.01	(60.85)
Recursos de Agua	9.70	(0.21)	47.49	(0.32)	783.01	(0.94)	593.07	(0.86)	403.30	(1.12)	186.04	(0.44)
Encerrado, protégido	0	(0)	90.0	(0.60)	14.95	(0.02)	8.38	(0.01)	10.76	(0.03)	3.93	(0.01)
Area Inundable	47.21	(1.03)	1009.2	(6.78)	1830.26	(2.21)	291.94	(0.42)	766.74	(2.14)	61.66	(0.14)
Urbano	60.34	(1.32)	478.88	(3.21)	3141.49	(3.79)	2303.88	(3.34)	922.6	(2.58)	767.52	(1.82)
Rural	81.34	(1.78)	429.29	(2.88)	3118.14	(3.77)	2941.50	(4.27)	2176.9	(6.09)	1399.14	(3.32)
Recreacion	24.13	(0.53)	78.45	(0.52)	133.29	(0.16)	501.60	(0.73)	41.19	(0.11)	38.04	(0.09)
Publico	14.42	(0.32)	39.35	(0.26)	351.35	(0.42)	1500.10	(2.18)	586.21	(1.64)	136.44	(0.32)
Comercial	7.87	(0.17)	38.83	(0.26)	350.04	(0.42)	252.37	(0.36)	113.62	(0.32)	89.21	(0.21)
Industrial	9.44	(0.21)	27.28	(0.18)	350.56	(0.42)	184.49	(0.27)	81.07	(0.22)	104.95	(0.24)
No-productivo	4.98	(0.11)	48.01	(0.32)	108.89	(0.13)	120.28	(0.17)	194.70	(0.54)	339.28	(0.80)
Zonas de extracción	1.05	(0.02)	3.67	(0.02)	328.26	(0.39)	31.71	(0.04)	50.64	(0.14)	49.06	(0.11)
Comunicación	0	(0)	4.19	(0.03)	7.87	(0.01)	5.50	(0.01)	1.58	(0.04)	0	
Transportacion	0	(0)	2.35	(0.01)	217.29	(0.26)	65.78	(0.09)	49.33	(0.13)	28.07	(0.06)
Area Total	4570.77		14878.19		82705.94		68832.37		35737.49		42128.01	

Elementos fundamentales

La concentración de los elementos fundamentales en el agua está influenciada mayormente por la intrusión de agua salada. Cantidades menores entran al sistema a través del lavado de los suelos, la meteorización, las lluvias, el salitre y la lixiviación de la vegetación.

En los estuarios estudiados, la composición de los elementos estuvo asociada en gran parte a la intrusión de agua salada. Sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) siguieron la ley de proporciones relativas. Esto es, independientemente de las concentraciones absolutas de sólidos disueltos, las proporciones entre los constituyentes es virtualmente constante. En otras palabras la concentración de los elementos se reduce en el estuario en proporción al grado de dilución de la cuña de agua salada.

En los estuarios que drenan a través de calizas altamente solubles como La Plata, las concentraciones de calcio y potasio estuario arriba fueron más altas que las predecibles por simple dilución. La regresión entre Na y K, Ca y Mg (Fig. 12) en este río difiere de la línea de dilución.

Sin embargo, en el Espíritu Santo la línea de regresión estuvo muy cerca de la de dilución. Estos datos sugieren que el aporte de elementos fundamentales provenientes de la cuenca son poco significativos. La roca predominante en esta cuenca es de tipo intrusivo y volcánico, además de ser menos soluble. La cuenca está bien forestada y la vegetación minimisa la pérdida de estos elementos por lixiviación.

Pesca

Todos los estuarios visitados sostienen poca pesca comercial. Al presente esta actividad está reducida pero existe el potencial para desarrollarla según se mejora la calidad del agua mediante reglamentos más estrictos. Estos ríos constituyen lugares donde es posible fomentar la pesca de anzuelo tanto deportiva como comercial. La Tabla 4 presenta los peces capturados en los seis estuarios estudiados.

Las especies de mayor importancia lo fueron Centropomus ensiferus (róbalo) y C. undecimalis (róbalo); Lutjanus griseus (Pargo prieto); Mujil liza (Liza) y M. curema (jarea); Diapterus plumieri (Mojarra rayada); Megalops atlantica (Sabalo) y Agonostomus monticola (dajao). Los más abundantes lo fueron C. ensiferus, Bairdiella ronchus (Corbino), Mugil curema, Carax latus (jurel ojón) Sorotherodon mossambicus (Tilapia), Harengula humeralis (sardina), Drapterus olisthostomus, Harengula clupeola (sardina), Gobiomorus dormitor (Guavina), Citharichthys spilopterus (lenguado) y Diapterus plumieri (Fig. 13). La mayor diversidad se encontró en el

Figura 12

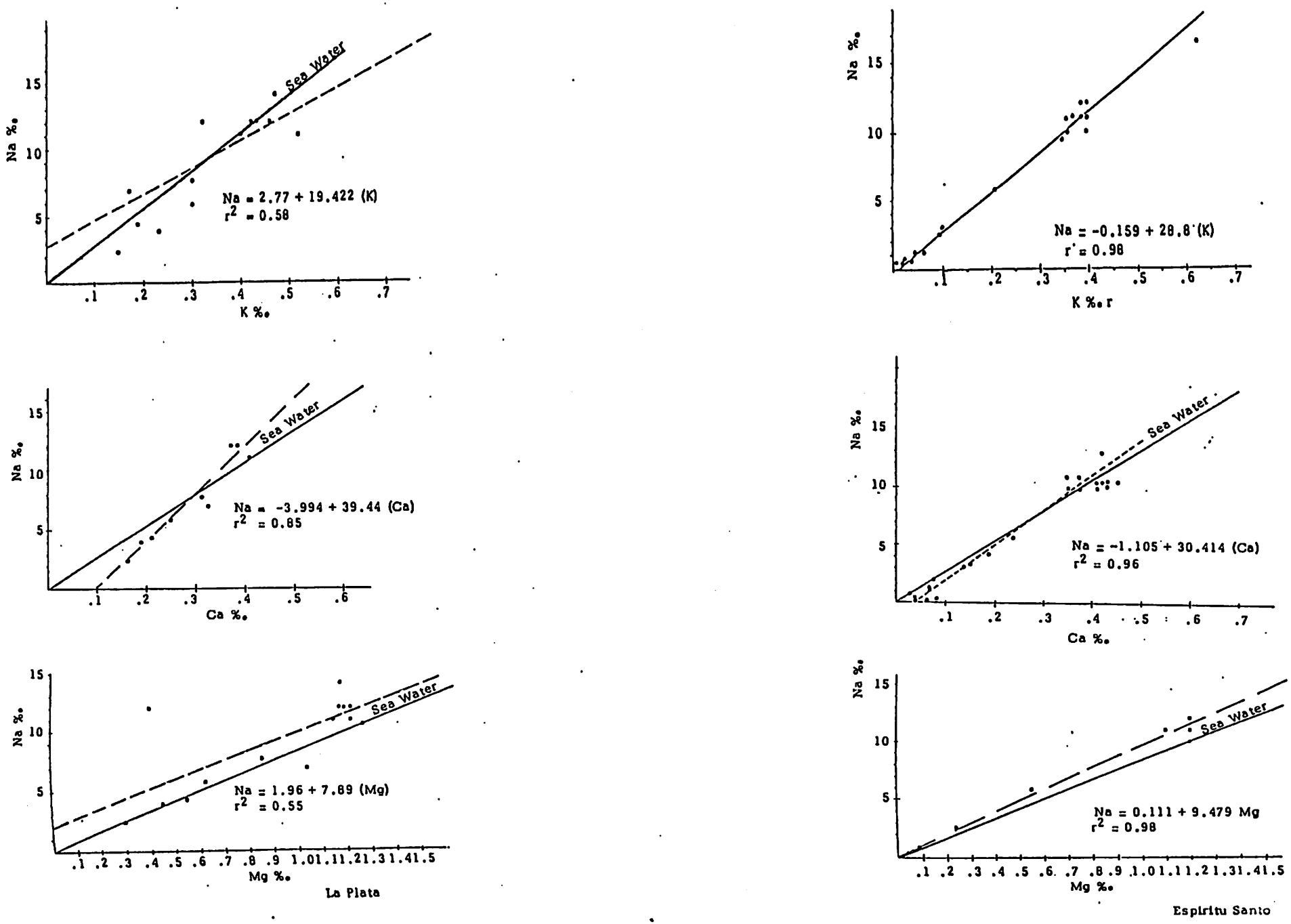

Na ‰
K ‰
Sea Water
Na = 2.77 + 19.422 (K)
r2 = 0.58
Na = -0.159 + 28.8 (K)
r = 0.98
K ‰ r
Ca ‰
Na = -3.994 + 39.44 (Ca)
r2 = 0.85
Na = -1.105 + 30.414 (Ca)
r2 = 0.96
Mg ‰
Na = 1.96 + 7.89 (Mg)
r2 = 0.55
Na = 0.111 + 9.479 Mg
r2 = 0.98
La Plata
Espiritu Santo

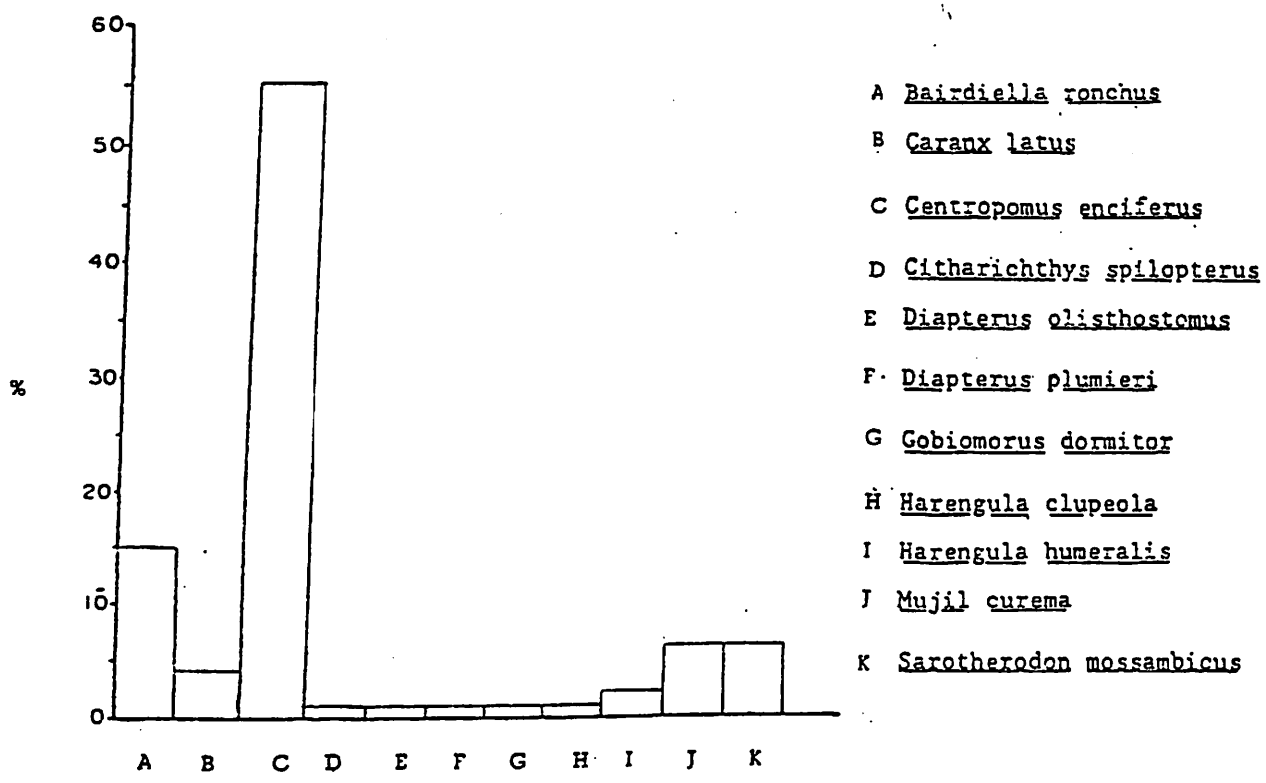
Tabla 4

Peces de los seis Estuarios Estudiados

Lista de especies (Nombre Científico)	Río					
	Manati	Cibuco	La Plata	Loiza	Espiritu Santo	Mameyes
Micropogon furnieri					+	+
Bairdiella ronchus	+	+	+		+	+
Pomadasys crocro	+	+		+	+	
Polydactylus virginicus	+	+			+	+
Lutjanus griseus		+			+	
Megalops atlanticus	+	+	+	+	+	+
Agonostomous monticola					+	+
Mugil curema	+	+	+	+	+	+
Mugil liza	+	+	+	+	+	
Diapterus olisthostomus	+	+	+	+	+	
Diapterus plumieri	+	+	+	+	+	+
Diapterus rhombeus					+	
Citharichthys spilopterus	+	+	+		+	
Cetengraulis edentulus		+			+	+
Harengula clupeola		+		+		
Harengula humeralis		+		+	+	
Centropomus ensiferus	+	+	+	+	+	+
Centropomus undecimalis	+			+	+	
Caranx latus		+			+	+
Caranx hippos					+	
Sarotherodon mossambicus		+		+		
Awaous taiasica			+		+	+
Gobiodes broussonnetii		+		+	+	
Gobionellus oceanicus					+	
Sicydium plumieri					+	
Gobiomorus dormitor	+	+	+	+	+	+
Dormitator maculatus					+	
Bathygobius soporator					+	
Eleotris pisonis	+				+	
Trichiurus lepturus	+				+	
Anguilla rostrata	+			+	+	

Figura 13

ABUNDANCIA RELATIVA DE ESPECIES MAS COMUNES CAPTURADAS



Espíritu Santo. Según Corujo (com. per.) en este estuario concurrieron durante el 1977 hasta 60 especies diferentes. Sin embargo, a diferencia de los demás estuarios, los peces capturados fueron visitantes incidentales siendo muy pocos los considerados residentes permanentes. Algunos de los peces capturados por Corujo (com. per.) son peces que normalmente están asociados a arrecifes de coral. Indudablemente, la alta diversidad en el Espíritu Santo comparado con los otros estuarios se debe a la influencia de la cuña de agua salada, la calidad del agua y la ausencia de la barrera de arena. Esta última no solo impide el libre flujo del agua, sino que restringe el movimiento de peces hacia dentro y fuera del estuario.

Gran parte de los peces capturados demostraron poseer una gran tolerancia a cambios en salinidad y bajas concentraciones de oxígeno disuelto. La Tabla 5 resume las condiciones ambien-

Tabla 5

Alcances en los niveles de salinidad (%) y de oxígeno disuelto (ppm) asociado con la presencia de los peces.

Especies (Nombre Científico)	Alcance Salinidad (ppt)	Alcance Oxígeno Disuelto (ppm)	
Caranx latus	2-28	0.6-10	fondo arenosos o rocosos
Centropomus ensiferus	0-30	0.6-9.4	en todo el estuario
Centropomus undecimalis	0-30	no medido	en todo el estuario
Sorotherodon mossambicus	2-8	3.4-5.6	generalmente en canales de arenaje de agua dulce
Harengula humeralis	20-27	2.5-5.7	boca del río
Harengula clupeola	24-26	3.9-7.4	boca del río
Gobiomorus dormitor	0-2	2.5-10	en fondo rocoso de agua dulce
Centegraulis edentulus	8-30	4.8-10.2	boca de río
Deapterus plumieri	3-27	2.5-5.7	más común sobre fondos fangosos cerca de las raíces de mangle
Diapterus olisthostomus	5-30	3.5-6.7	aguas llanas cerca del mangle
Gobioides broussonneti	2-27	5.2-5.7	fondos fangosos llanos
Citharichthys spilopterus	2-27	2.5-5.7	en la boca del río
Lutjanus aviseus	2-27	2.5-5.7	áreas de mangle
Megalops atlantica	2-27	2.5-5.7	áreas de mangle cerca de la boca
Mugil liza	0.5-22	3.6-5.6	en todo el estuario
Mugil curema	0-27	3.6-8.4	Sobre fondos fangosos
Agonostomus monticola	0-18	3.6-8.4	Parte superior del estuario y riachuelos.
Polydactylus virginicus	0-28	0.5-9.4	Boca del río sobre fondo arenoso.
Pomadasys crocro	2-27	2.7-5.7	Sobre fondos arenosos y fangosos.
Bandiella ronchus	2-27	2.7-5.7	Sobre fondos arenosos y fangosos
Micropogonias furnieri	2-27	2.5-5.7	Sobre fondos arenosos y fangosos
Awaos taiasica	8-15	6.4-10.2	fondos rocosos

tales en donde fueron capturados los peces más abundantes.

Zona estuarina

La Tabla 6 presenta el uso dominante del terreno de las zonas aledañas sujetas a las influencias de los estuarios.

Todas las zonas estuarinas han sufrido cambios en su uso dominante del terreno. Un total de 762 hectáreas (25% de total de área estudiada) han sido deforestadas. Gran parte de estos cambios se llevaron a cabo durante los finales del 1940 y el 1950 cuando la industria azucarera reclamó muchas de estas tierras. Con la merma en la producción de azúcar muchas de estas zonas han sido abandonadas, recolonizadas por la vegetación o urbanizadas. Este último uso ha creado un impacto nocivo en el sistema. Ha traído consigo la degradación de la calidad del agua por los efluentes domésticos e industriales. Además de eliminar irreversiblemente habitáculos potenciales para la vida silvestre.

Vegetación

La vegetación natural dominante en las zonas estuarinas está constituida mayormente por formaciones de manglar, pantanos y ciénagas de agua dulce.

En los manglares ribereños la especie dominante es *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo). Agregaciones de *Laguncularia racemosa* (Mangle Blanco) y *Acrostichum* sp. (Helecho de mangle) abundan en zonas de baja salinidad. *Avicennia germinans* (Mangle Negro) por su parte se encuentra en las cuencas inundables de alta salinidad.

Tierra adentro, en zonas donde la intrusión de agua salada es reducida y las salinidades en el suelo son bien bajas, se encuentran pantanos y ciénagas de agua dulce. La especie dominante de los pantanos de agua dulce es *Pterocarpus officinalis* (Palo de Pollo). Parchos de *Acrostichum*, *Drepanocarpus lunatus* (Escambrón), *Annona glabra* (Corazón Cimarrón) y *Roystonea borinqueña* (Palma Real) están asociados a estos pantanos. En las ciénagas de agua dulce predominan *Typha domingensis* y *Phragmites communis*, además de varias especies del género *Eleocharis*.

En todos los estuarios estudiados la agricultura es el uso dominante de la tierra. Grandes extenciones del terreno están ocupados por plantaciones de caña de azúcar, pastos y vegetación secundaria.

Tabla 6

Uso de Tierra	Zonas Estuarinas											
	Mameyes		Espíritu Santo		Loíza		La Plata		Cibuco		Manatí	
	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Agricultura	73.2	(57.78)	1524.69	(48.9)	3591.87	(54.04)	213.84	(79.96)	1831.70	(72.31)	2278.20	(85.47)
Bosques	8.4	(6.63)	288.14	(9.24)	607.18	(9.14)	4.0	(1.50)	10.77	(.43)	147.63	(5.54)
Recursos de agua	8.0	(6.32)	31.95	(1.02)	175.89	(2.65)	27.6	(10.32)	25.08	(1.0)	71.04	(2.67)
Encerrada, protegida	0		90.59	(2.91)	15.05	(.23)	0		0		0.53	(.02)
Mangle	30.72	(24.24)	592.92	(19.01)	951.84	(14.32)	11.6	(4.34)	223.20	(8.81)	13.99	(.52)
Zonas anegadas de agua dulce	0		153.96	(4.94)	187.77	(2.82)	0		184.97	(7.30)	13.47	(.51)
Cuenca de agua salada	0		48.85	(1.57)	553.57	(8.33)	0		0		0	
Urbano	0		223.43	(7.17)	320.62	(4.82)	0		119.81	(4.73)	50.71	(1.9)
Rural	0		42.25	(1.36)	17.16	(.26)	0		54.40	(2.14)	17.16	(.64)
Recreación	0		61.0	(1.96)	5.81	(.09)	0		5.01	(.20)	4.75	(.18)
Pública	0		9.5	(.3)	23.50	(.35)	0		10.03	(.40)	8.45	(.32)
Comercial	0.8	(.63)	10.82	(.35)	13.20	(.20)	0		6.07	(.24)	3.17	(.12)
Industrial			3.17	(.10)	91.91	(1.38)	0		33.54	(1.32)	11.35	(.43)
No-productivo	4.8	(3.79)	36.18	(1.16)	56.52	(.85)	10.40	(3.89)	17.16	(.68)	34.33	(1.29)
Zonas de extracción	0.76	(.60)	0		22.71	(.34)	0		2.37	(.09)	0	
Comunicación	0		0.26	(7.01)	0.26	(7.01)	0		1.58	(.06)	0	
Transportación	0		0		11.88	(.18)	0		7.39	(.29)	10.83	(.41)
Area Total	126.68		3117.71		6646.74		267.44		2533.08		2665.61	

Fauna

Observaciones generales en la macrofauna indican que la composición de organismos es similar en todos los estuarios. La fauna es típica de zonas costeras.

En los manglares la macrofauna dominante son crustáceos decápodos y aves. La Tabla 7 enumera los crustáceos decápodos identificados en los seis estuarios estudiados y el habitáculo en donde se observaron.

Tabla 7

Habitáculo de Decápodos Crustáceos Estuarinos

Nombre científico	Nombre común	Habitáculo
Callinectes boucorti	cocolía	lecho de río, más común cerca de áreas de mangle
Callinectes sapidus	cocolía	lecho de río, más común cerca de áreas de mangle
Uca spp.	cangrejo violinista	suelo de manglar
Goniopsis cruentata	cangrejo de mangle	zona de mangle
Sesarma ricordi	cangrejo de costa	área de graminea
Aratus pisonii	cangrejo de mangle	tallos y raíces de sostén de mangle
Cardisoma guanhumi	Juey azul	área de graminea
Ucides cordatus	Juey zambuco	zona de mangle y *Acrostichum*
Pachygrapsus gracilis (muestreado por Canals en el Río Espíritu Santo).		raíces de sostén de mangle

De estos el más conspícuo es *Ucides cordatus*. Etapas adultas y jóvenes se observan a lo largo de todos los estuarios. Entre las raíces de los mangles se encontraron numerosas poblaciones de *Goniopsis cruentata* y *Aratus pisonii*. En el agua y cerca de las raíces abundan las cocolías. En zonas altas cerca del manglar donde hay gramíneas habita el Cangrejo terrestre *Cardisoma guanhumi*. Este tiene un alto valor comercial, el cual fluctúa entre los doce a quince dólares por docena (Canals, 1978). En los estuarios del Espíritu Santo, Cibuco y Loíza se observó la mayor actividad de este crustáceo. La *Uca* sp. fue la especie dominante en los lodazales y ria-

chuelo de manglar.

La Tabla 8 presenta las aves comunes en las zonas estuarinas.

Tabla 8

PAJAROS COMUNES DE ZONAS ESTUARINAS

Especies (Nombre Científico)	Nombre común	Nombres en Inglés
Egretta thula	Garza blanca	Snowy Egret
Egretta alba	Garza real	Great Egret
Florida caerulea	Garza azul	Little Blue Heron
Hydranassa tricolor	Garza pechiblanca	Louisiana Heron
Ixobrychus exilis	Martinetito	Least Bittern
Bubulcus ibis	Garza ganadera	Cattle Egret
Ardea herodias	Garzón cenizo	Great Blue Heron
Butorides virescens	Martinete	Green Heron
Gallinula chloropus	Gallareta común	Common Gallinule
Rallus longirostris	Pollo de mangle	Clapper Rail
Actitis macularia	Playero coleador ó manchado	Spotted Sandpiper
Coccyzus minor	Pájaro bobo menor	Mangrove Cukoo
Crotophaga ani	Judío	Smooth-billed ani
Melanerpes portoricensis	Carpintero de Puerto Rico	Puertorican Woodpecker
Coereba flaveola	Reinita común	Bananaquit
Dendroica petchia	Canario de mangle	Yellow Warbler
Agelaius xanthomus	Mariquita de Puerto Rico	Yellow Shouldered Black Bird
Quiscalus niger brachypterus	Mozambique de P.R. ó Chango	Puerto Rican Grackle

En los estuarios el ave más conspícua lo fue la Garza del Ganado Bubulcus ibis. En las ramas del mangle se observó Canarios de Mangle y algunos martinetes juveniles. La Gallareta Común es una de las aves que más se observa nadando en los ríos. En las palmas, los helechos y gramíneas se observaron grupos de Mozambiques.

En adición a los crustáceos decápodos y a las aves, también abundan en estas zonas los lagartijos del género Anolis. Estos se distribuyen de acuerdo a la estructura del bosque. En los árboles se encontró a A. cristatelus mientras que en las gramíneas se observó a A. pulchelus. Grupos de arañas del género Nephila se observaron en los helechos Acrostichum sp. y en las ramas de los manglares.

Referencias

Clarke, 1941. Observations on Transparency in the South Western Section of the North Atlantic Ocean. J. Mar Research, 4: 221-230.

Poole H. H. and W.R.G. Atkins, 1929. Photo-electric Measurements of Submarine Illumination Throughout the Year. J. Mar. Biol. Assm., 16(1): 297-324.

RELACION DE MORTANDAD MASIVA DE MILLEPORA COMPLANATA (CNIDARIA, HYDROZOA) CON ALTA PLUVIOSIDAD Y ESCORRENTIA DEL RIO FAJARDO EN CAYO AHOGADO, FAJARDO

Carlos Goenaga
Area de Investigaciones Científicas
Departamento de Recursos Naturales

y

Miguel Canals
Centro de Estudios Energéticos y Ambientales
Universidad de Puerto Rico

RESUMEN

Salinidades menores de 25 ‰ y turbidez alta se midieron del 29 al 31 de mayo de 1979 en los arrecifes más cercanos a la costa y al Río Fajardo como resultado de la alta pluviosidad prevaleciente y la descarga de este río.

En Cayo Ahogado, uno de los arrecifes más afectados, se pudo observar una alta mortalidad en las colonias del hidrocoral Millepora complanata. Estas estaban totalmente desprovistas de tejido y habían perdido la propiedad urticante típica de esta especie. Al tercer día se observó la colonización de algas sobre los esqueletos de las colonias muertas.

Se comparan índices de diversidad, prociento de cubierta y porciento de mortandad en Cayo Ahogado y Cayo Largo, un arrecife a mayor distancia de la costa al este de Cayo Ahogado donde las salinidades no fueron menores de 34 ‰ durante este período.

Introducción

Las principales causas naturales de daños a los corales de los arrecifes son:

1) Oleaje fuerte

Durante tormentas de gran magnitud, el embate de las olas en el arrecife puede derrumbar y virar al revés colonias de coral de gran tamaño o transportarlas fuera del agua donde eventualmente mueren. Los fragmentos de colonias pueden, a su vez, infligir heridas en las superficies de otras aumentando la posibilidad de infección por algas.

2) Altas temperaturas

Cuando ocurren mareas excepcionalmente bajas, las temperaturas de las áreas más someras del arrecife aumentan considerablemente ocasionando un aumento en la respiración de los corales. Si este período se prolonga, los corales y otra fauna bentónica mueren.

3) Salinidades bajas

Durante tormentas o períodos de alta precipitación pluvial, las salinidades de los arrecifes costaneros se reducen causando un rigor osmótico en los tejidos de los corales.

4) Sedimentación

La sedimentación puede ocurrir naturalmente en diversas formas, como la descarga de un río al mar. Esto puede ser agravado artificialmente, causando la degeneración de sistemas ecológicos costeros tales como los arrecifes. La sedimentación puede afectar los corales al ahogarlos mecánicamente, impidiendo el intercambio gaseoso o reduciendo la luz disponible necesaria para la fotosíntesis de las algas simbióticas. Esto ocasiona una reducción en la razón de calcificación.

El daño ocasionado a los corales (o hidrocorales) por estos factores puede variar desde una simple descoloración del tejido del coral debido a la pérdida de las zooxantelas (algas simbióticas), hasta la muerte. En el primer caso puede ocurrir una disminución en la producción de la colonia pero si el rigor es leve, puede haber una recuperación total luego de un tiempo relativamente corto.

Algunos ejemplos de daños causados por efectos naturales a los arrecifes en el Mar Caribe se resumen a continuación:

Goreau (1964) reportó el efecto de una alta precipitación pluvial en octubre de 1963 en los arrecifes costeros de Port Royal, Jamaica. Especialmente notable fue la expulsión masiva de zooxantelas en el coral de fuego Millepora complanata. La mayoría de las colonias de este hidrocoral no murieron y comenzaron a recuperar sus zooxantelas a partir del noveno día después de las lluvias.

Glynn (1973) reportó una mortalidad masiva de las comunidades bentónicas (incluyendo corales) del "reef flat" en un arrecife de La Parguera, Puerto Rico, ocasionada por una marea excepcionalmente baja durante horas del mediodía.

Jaap (1979) discutió el efecto de la combinación de altas temperaturas atmosféricas, marea baja y oleaje reducido en el Arrecife Sambo, Florida. Las colonias de coral afectadas (principalmente el hidrocoral M. complanata) perdieron las zooxantelas en diferentes grados, recuperándolas totalmente sin ningún daño aparente en seis semanas.

Materiales y Métodos

Escogimos las estaciones pluviométricas de El Paraíso y Fajardo del Servicio Metereológico Nacional ya que éstas están incluídas en la cuenca que drena hacia el área de estudio.

Para medir salinidad utilizamos un refractómetro de mano.

La transparencia del agua la determinamos con un disco Secchi (20 cm) atado a una cuerda calibrada en metros.

Utilizamos escafandra autónoma de tipo abierto para las observaciones en aguas mayores de 5 m y "snorkel" en las aguas más someras.

Marcamos una serie de colonias del coral M. complanata con el propósito de darles monitoría luego de ser afectadas por las lluvias. Debido al Huracán David en septiembre del 1979, estas colonias marcadas se fragmentaron perdiéndose las etiquetas e impidiéndose su reconocimiento.

Resultados y Discusión

Durante los días del 29 de mayo al 2 de junio se registró una precipitación pluvial considerable en el área de Fajardo, P.R. Datos suministrados por el Servicio Metereológico Nacional demuestran que la precipitación pluvial promedio entre 1941 y 1972 en las estaciones de Paraíso y Fajardo no excedió los 30 cm mensuales (Figs. 1 y 2). El promedio entre 1970 al 1979 (sin incluir 1979) no excedió los 40 cm (Figs. 3 y 4). En cambio, podemos observar en las Figs. 5 y 6 que la precipitación fue de 95 cm en la estación de Paraíso y de 72 cm en la de Fajardo durante el período en cuestión.

Durante estos días medimos salinidades de 0 a 5‰ en el "reef flat" de Cayo Ahogado y de 35‰ en Cayo Largo (ver Fig. 7 para la localización de estos arrecifes). La capa de agua de baja salinidad tenía unos 5 cm de espesor. La transparencia del agua fue menor de 1 m (Secchi) en Cayo Ahogado y de 10 m en cayo Largo.

Estas condiciones de desigualdad entre los dos arrecifes se debe a que Cayo Ahogado recibe continuamente la

descarga del Río Fajardo dada su mayor cercanía a éste en comparación con Cayo Largo. Esta descarga de aguas de baja salinidad contiene grandes cantidades de sedimentos suspendidos.

Observaciones en ambos arrecifes durante este período

Cayo Ahogado

El 80% (estimado visual) de las colonias de *M. complanata* en aguas donde la profundidad era menor de 1 m estaban descoloradas. De éstas, más del 50% estaban muertas lo cual pudimos comprobar por la ausencia de la propiedad urticante característica de esta especie. A profundidades mayores de 1 m no observamos ningún cambio en la especie mencionada ni en el resto de la fauna bentónica.

Varias colonias de *Porites porites* y de *Acropora palmata* al igual que el alga calcárea *Halimeda* sp. estaban parcialmente descoloradas a profundidades menores de 1 m.

Siete días después de las lluvias observamos la colonización o deposición de algas sobre las colonias descoloradas de *M. complanata*. Esto corroboró su muerte.

Fue notable también el aumento en números del erizo *Diadema antillarum* sobre la superficie de las colonias muertas colonizadas por algas. Estas últimas eran pastoreadas por los erizos.

Cayo Largo

Luego de las lluvias, las áreas más llanas (menores de 1 m) de este arrecife estaban intactas.

Encontramos una ausencia relativa en comparación con Cayo Ahogado.

Causas de la mortandad en Cayo Ahogado

Dos factores principales a considerarse son la sedimentación y la salinidad.

1) Sedimentación

Consideramos que, aunque posiblemente agravó la situación actuando sinérgicamente este factor no fue determinate en la mortandad ya que:

a) No se observaron grandes cantidades de sedimentos sobre las colonias de coral (posiblemente debido a la acción de las olas.

b) Aunque observamos una reducción sustancial de la penetración de la luz, no creemos que esto fuera significativo ya que las áreas de profundidad mayor a 1 m permanecieron inalteradas.

2) Baja en salinidad

Las áreas donde ocurrió la mortandad estaban en contacto directo con las capas superficiales de agua de baja salinidad. Creemos que este fue el factor determinante al crear un rigor osmótico considerable (de 35‰ a 0 - 5‰) y súbito en los tejidos de los corales.

Resumen y Conclusión

Se reporta, por primera vez en el Mar Caribe, un caso de mortandad masiva del hidrocoral *M. complanata*. Como causa principal postulamos la baja salinidad. Esta, además de causar un rigor osmótico considerable en el tejido del coral, ocasiona una expulsión masiva de zooxantelas. Este mecanismo de expulsión ha sido descrito por Yonge y Nicholls (1931) y por Coles (1973). La reducción de esta endoflora lleva consigo una baja considerable en la razón de esqueletogénesis del coral (Goreau 1959; Goreau y Goreau, 1959, 1960a, 1960b; Pearse Y Muscatine, 1971; Vandermeulen *et al.* 1972 y Muscatine 1973). En adición, Yonge y Nicholls (1931) reportaron que colonias que habían perdido sus zooxantelas perdían la capacidad, en gran medida, para remover el sedimento de sus tejidos.

Como factor sinérgico se considera la sedimentación reduciendo la penetración de luz y depositándose sobre la superficie de las colonias.

Debemos mencionar que aunque la baja en salinidad fue causada por un suceso natural (la alta precipitación pluvial), sostenemos que la deforestación tierra adentro (una causa artificial) posiblemente jugó un papel de importancia. Durante los últimos diez años las áreas de Fajardo y, en menor grado, El Verde han experimentado una deforestación considerable.

La deforestación o remoción de vegetación terrestre tiene dos consecuencias importantes:

1. En ausencia de vegetación que retenga el agua se aumenta la escorrentía y, por consiguiente, el volumen de agua fresca que entra al mar desde tierra.

2. Al aumentar la escorrentía también aumenta la cantidad de sedimentos transportados hacia el mar.

Ya ha sido mencionado anteriormente el mal manejo de la tierra posiblemente como la peor amenaza para las comunidades marinas, y en especial para los arrecifes (Johannes, 1975). En adición, en un informe sometido al Departamento de Recursos Naturales se ha reportado la situación altamente peligrosa por la que atraviesan los arrecifes costeros en la actualidad, a consecuencia de recientes tormentas de gran magnitud (Goenaga y Cintrón, 1979). Creemos que de ser prioridad para las diferentes agencias gubernamentales el proteger nuestros decadentes arrecifes, sería necesario la participación activa de éstas en el manejo científico de la deforestación tierra adentro.

Deseamos agradecer al Sr. Miguel Nieves por su valiosa ayuda para completar este trabajo.

Referencias

Coles, S. L. 1973. Some effects of temperature and related physical factors on Hawaiian reef corals. Ph.D. dissertation. Univ. of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 133 pp.

Glynn, D. W. 1968. Mass mortalities of echinoids and other reef flat organisms coincident with midday, low water exposure in Puerto Rico Mar. Biol. (N. Y.) 1: 226-243.

Goenaga, C. and G. Cintrón 1979. Inventory of the Puerto Rican coral reefs. Report submitted to the Department of Natural Resources, Commonwealth of Puerto Rico.

Goreau, T. F. 1964. Mass expulsion of zooxanthellae from Jamaican reef communities after Hurricane Flora. Science (Washington, D.C.) 145 (3630): 383-386.

Goreau, T. F. and N. I. Goreau 1959. The Physiology of skeleton formation in corals. II. Calcium deposition by hermatypic corals under various conditions in the reef. Biol. Bull. (Woods Hole) 117: 239-250.

Goreau, T. F. and N. I. Goreau. 1960a. The physiology of skeleton formation in corals. III. Calcification rate as a function of colony weight and total nitrogen content in the reef coral Manicina areolata. Biol. Bull. (Woods Hole) 118: 419-429.

Goreau, T. F. and N. I. Goreau. 1960b. The Physiology of skeleton formation in corals. IV. On isotopic equilibrium exchanges of calcium between corallum and environment in living and dead reef-building corals. Biol.

Bull Mar. Sci. 29 (3): 414-422.

Johannes, R. 1975. Pollution and degradation of coral reefs in Tropical Marine Pollution, Elsevier Oceanography Series, Vol. 12.E. Wood and R. Johannes, eds, New York, pp. 13-51.

Muscatine, L. 1973. Nutrition of corals in Biology and Geology of Coral Reefs O.A. Jones and R. Endean, eds. New York, pp. 77-115.

Pearse, V. and L. Muscatine. 1971 1 Role of symbiotic algae in coral calcification. Biol. Bull. (Woods Hole) 141: 350-363.

Vandermeulen, J. H., D. Davis and L. Muscatine. 1972. The effect of inhibitors of photosynthesis on zooxanthellae in corals and other invertebrates. Mar. Biol, (N. Y.) 16: 185-191.

Figura 1:

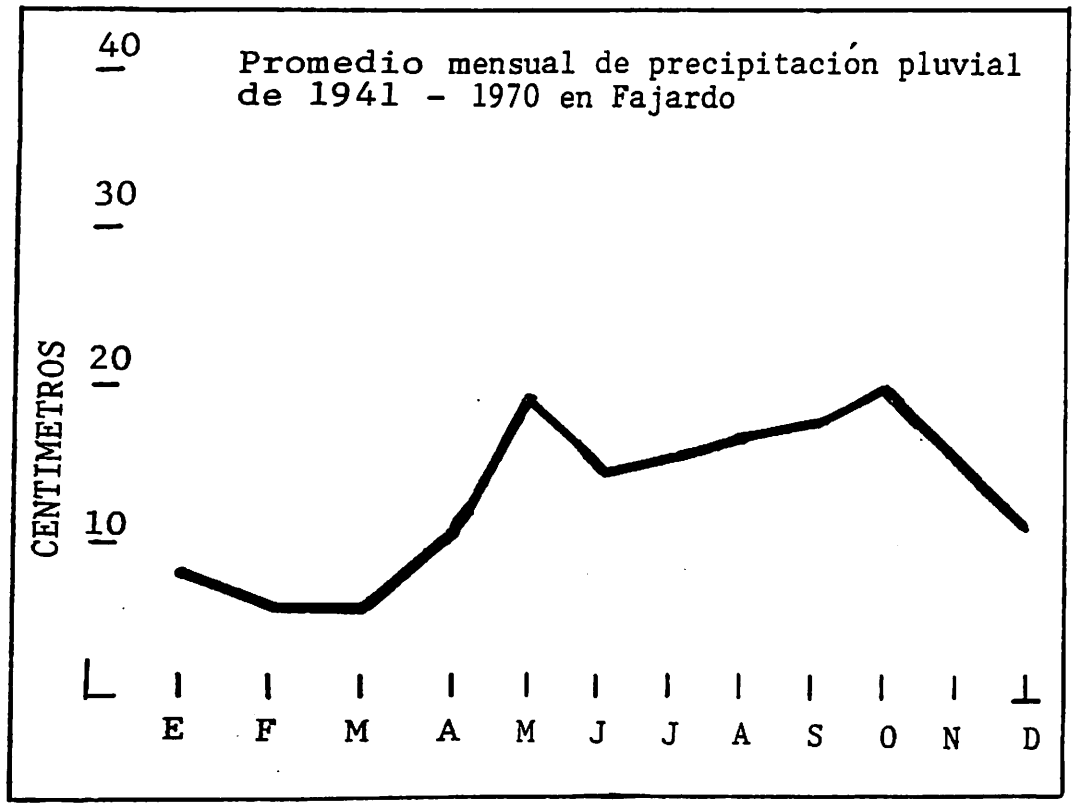


Figura 2:

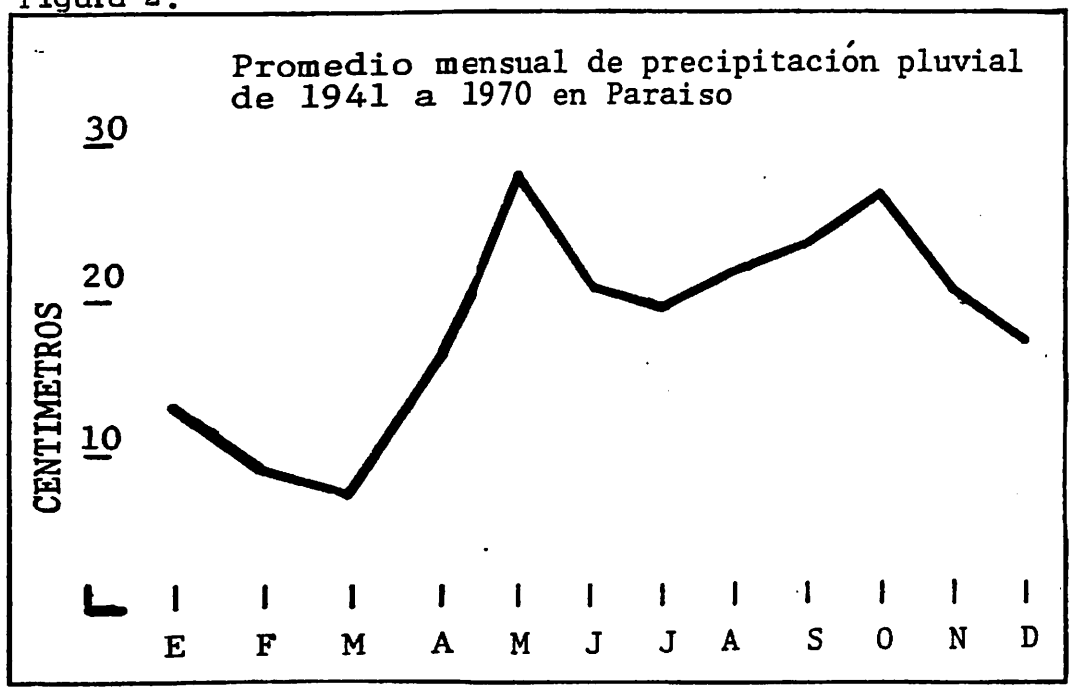


Figura 3:

Promedio mensual de precipitación pluvial del 1970 al 1979.

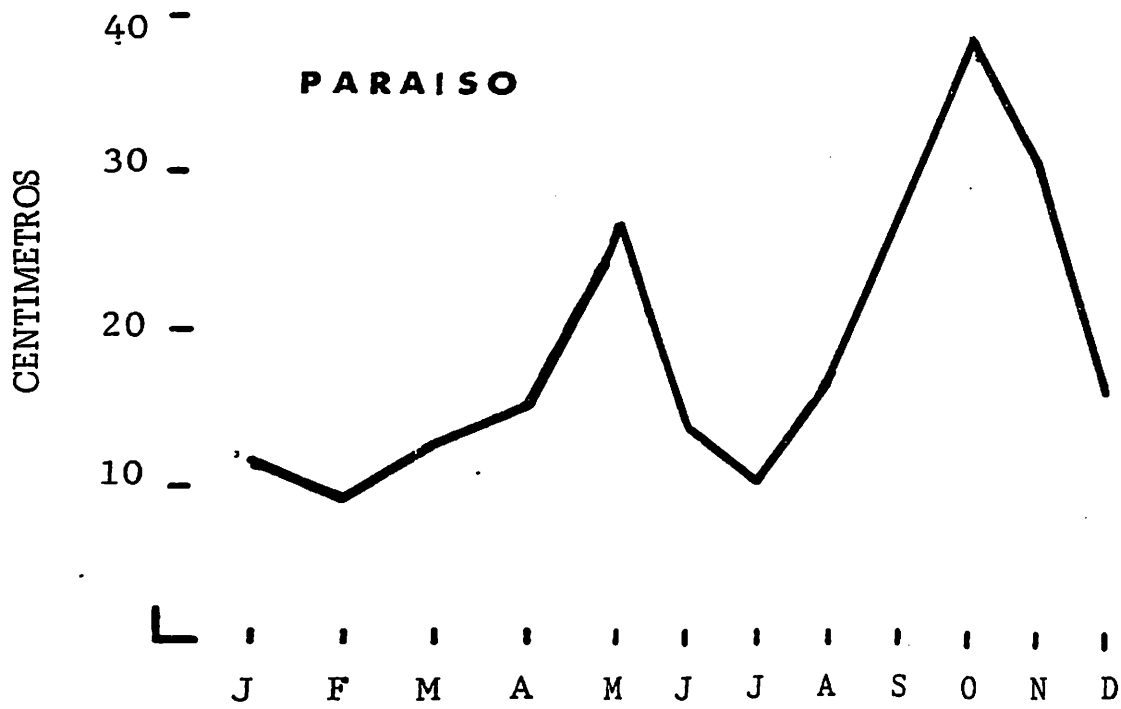


Figura 4:

Promedio mensual de precipitación pluvial del 1970 al 1979.

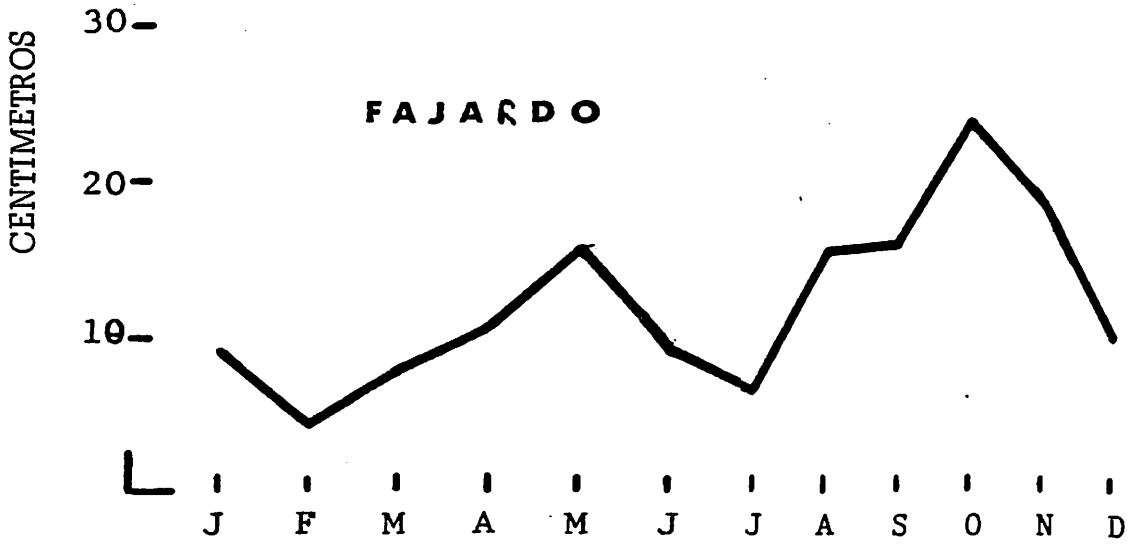


Figura 5:

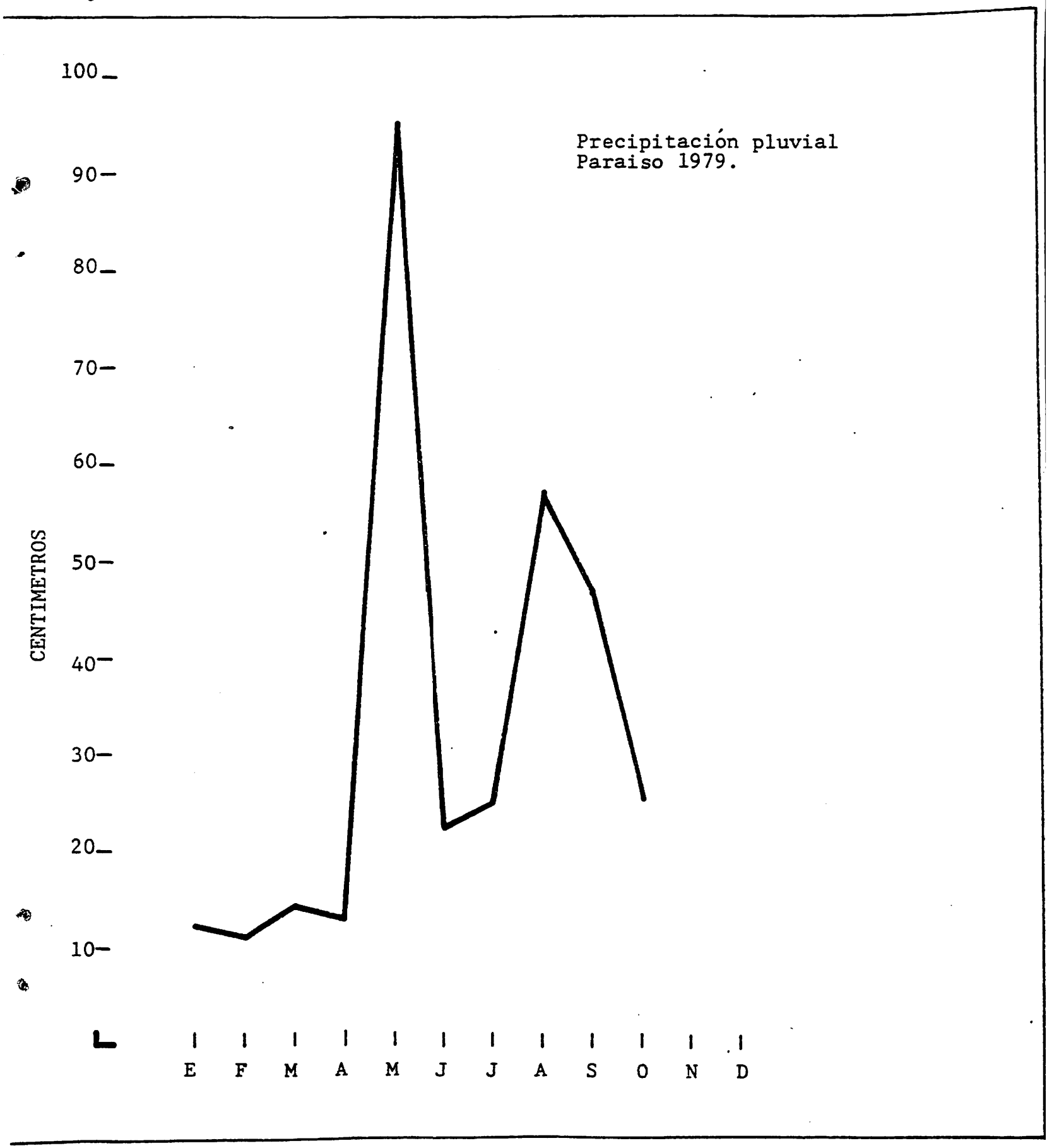
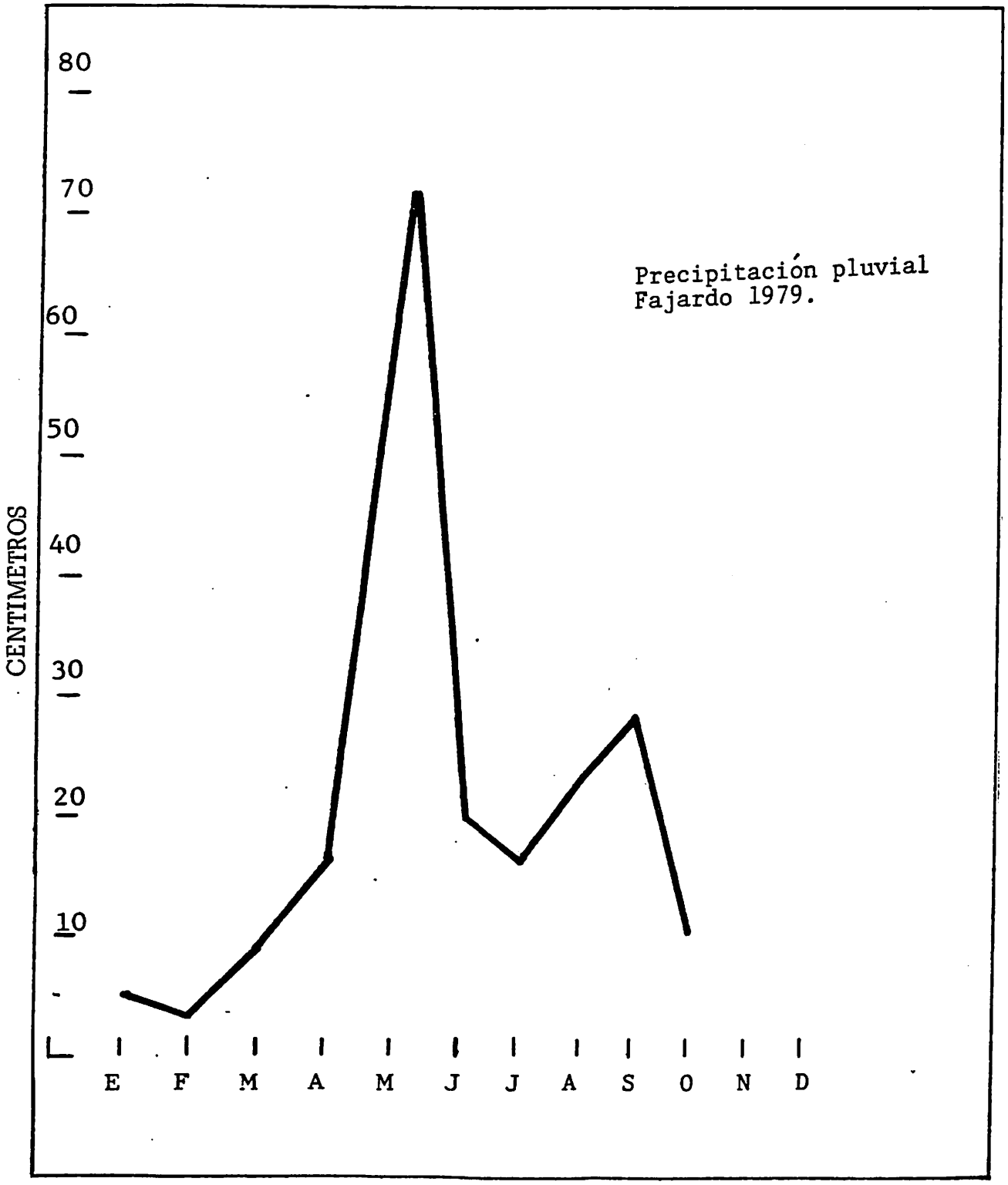

Precipitación pluvial
Paraiso 1979.
CENTIMETROS
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
E
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D

Figura 6:


Precipitación pluvial
Fajardo 1979.
CENTIMETROS
80
70
60
50
40
30
20
10
E
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D

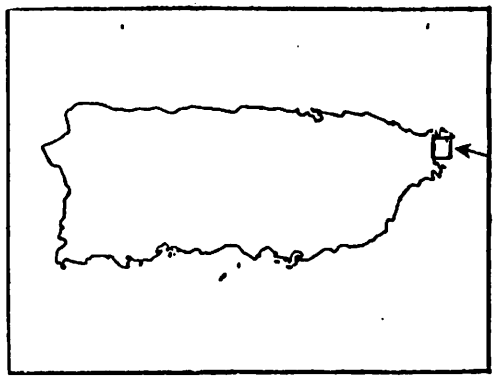


Figura 7. Localización del área de estudio.

MUESTREO EN POBLACIONES DE VIDA SILVESTRE

Julio César Quintana Díaz
Colegio Universitario de Cayey
Universidad de Puerto Rico

RESUMEN

La estimación de tamaños poblacionales es muy importante en el estudio del crecimiento, evolución y mantenimiento de muchas poblaciones de vida silvestre.

Se presentan aquí dos métodos de muestreo para este tipo de poblaciones: el método directo, que consiste en extraer una muestra de la población, marcarla y devolver los elementos marcados a la población. Luego se obtiene una segunda muestra y de ella se pueden hacer inferencias sobre N (el número total de elementos en la población), el valor estimado promedio N y la varianza en la estimación y fijación de la cota de error en la estimación. En el método inverso la segunda muestra se obtiene al azar, pero hasta que se ha obtenido un número fijo de elementos marcados. Servirá también N, la varianza en la estimación y cotas de error.

Además, se presentarán los tamaños de muestra necesarias en ambos procedimientos y se darán ejemplos.

Introducción

Es obvia la importancia que para el estudio del crecimiento, evolución y conservación de poblaciones de vida silvestre tiene la determinación del tamaño de las mismas. Existen métodos ya consagrados en la literatura y en la práctica para estimar N, el tamaño de una población de esta clase. Sin embargo, no son de común conocimiento las fórmulas de las varianzas en estos estimados y su aplicación en la obtención de los llamados límites mínimos y máximos entre los cuales se encuentra el verdadero N.

Esta ponencia tiene los siguientes objetivos: a) analizar estadísticamente los llamados métodos directos e indirectos de muestreo en poblaciones silvestres, b) establecer fórmulas para la varianza en la estimación de N y formular las cotas (o límites) en la estimación; y c) elección del tamaño de la muestra (en ambos métodos) que garantice un estimado de N entre ciertos límites fijos de error y con cierto grado de confianza $1 - \alpha$.

I. Estimado del tamaño N de una población silvestre a través del método directo.

El método directo consiste en extraer una primera muestra de una población móvil. El tamaño de esta primera muestra se indicará por m_1. Todos los animales en esta primera muestra son marcados y luego se les deja libres. Posteriormente se extrae una segunda muestra de tamaño n y se cuentan cuántos de estos animales están marcados. El número de animales marcados en la segunda muestra se indicará con m_2.

Un estimado de la proporción P de animales marcados en la población estará dado por:

(Ec.1) $$\hat{P} = \frac{m_2}{n}$$

Obviamente $$\hat{P} = \frac{m_2}{n} = \frac{m_1}{N}$$

donde $\hat{N}$ es un estimado de N. Por lo tanto,

(Ec.2) $$\hat{N} = m_1 \left(\frac{n}{m_2}\right)$$

o simplemente:

(Ec.3) $$\hat{N} = m_1 \left(\frac{1}{\hat{P}}\right)$$

En realidad $\hat{N}$ es un estimado "falseado" de N en cuanto que $E(\hat{N}) = \frac{N+N(N-m_1)}{nm_1}$

sin embargo, es fácil notar que:

cuando $n \longrightarrow \infty$ y $m_1 \longrightarrow \infty$

$$\frac{N(N-m_1)}{nm_1} \longrightarrow 0, \text{ lo que implica que:}$$

$$E(N) \longrightarrow N$$

En la determinación de la varianza de N se utilizarán los siguientes resultados:

(i) $Var\ (cX) = c^2\ Var\ (x)$ donde c es una constante y x una variable aleatoria.

(ii) para $\hat{p} = \frac{x}{n}$, $Var\left(\frac{1}{\hat{p}}\right) = Var\left(\frac{n}{x}\right) = \frac{\left(\frac{n}{x}\right)\left(\frac{n}{x} - 1\right)}{x}$

entonces, en nuestro caso particular,

$$Var\left(\hat{N}\right) = Var\left[m_1 \cdot \frac{n}{m_2}\right]$$

$$= m_1^2\ Var\left(\frac{n}{m_2}\right)$$

$$= \frac{m_1^2\left(\frac{n}{m_2}\right)\left(\frac{n}{m_2} - 1\right)}{m_2}$$

y simplificando,

(Ec.3) $$Var\left(\hat{N}\right) = \frac{m_1^2\ n(n-m_2)}{m_2^3}$$

Para hallar los límites mínimos y máximos entre los cuales se encuentra el verdadero valor N, se debe notar que la expresión $P\left[\left|\hat{N}-N\right| < \mathcal{E}\right] = 1 - \alpha$ de la probabilidad de que el estimado $\hat{N}$ difiera de N en menos de una cantidad $\mathcal{E}$ con una confianza de $1 - \alpha$. En la práctica

(Ec.4) $$\mathcal{E} = Z_{\alpha/2}\sqrt{Van\ (x)}$$

Por lo tanto, si se desea un 95% de confianza en el estimado $Z_{\alpha/2} = 2$, lo que implica que en este caso particular

(Ec.5) $$\mathcal{E} = 2\sqrt{\frac{m_1^2\ n\ (n-m_2)}{m_2^3}}$$

Esta fórmula permite afirmar con un 95% de confianza que N es un valor se encuentra entre

$$\hat{N} - 2\sqrt{\frac{m_1^2 n\ (n-m_2)}{m_2^3}} \text{ y } N + 2\sqrt{\frac{m_1^2 n\ (n-m_2)}{m_2^3}}$$

II. Estimado del tamaño N de una población silvestre a través del método indirecto.

El método indirecto consiste en tomar una primera muestra de tamaño m_1. Todos los elementos en la primera muestra son marcados y se dejan libres. Posteriormente se obtiene una segunda muestra hasta que se consiguen exactamente m_2 animales marcados. Sea N el número de animales que contiene la segunda muestra, entonces:

$$\hat{p} = \frac{m_2}{n} = \frac{m_1}{\hat{N}} \quad \text{, por lo que}$$

(Ec.6) $$\hat{N} = m_1 \left(\frac{n}{m_2}\right)$$

En este caso:

$$E\left[\hat{N}\right] = \left[E \; m_1 \left(\frac{n}{m_2}\right)\right] = m_1 \; E\left[\frac{n}{m_2}\right]$$

$$= m_1 \cdot \frac{N}{m_1} = N$$

y

(Ec.7) $$\hat{V}\,(\hat{N}) = \frac{m_1^{\,2} n(n-m_2)}{m_2^{\,2}(m_2+1)}$$

Por lo tanto, para un 95% de confianza

(Ec.8) $$\mathcal{E} = 2\sqrt{\frac{m_1^{\,2} n(n-m_2)}{m_2^{\,2}(m_2+1)}}$$

y, así, se puede afirmar con un 95% de confianza que N se encuentra entre los límites:

$$\hat{N} - 2\sqrt{\frac{m_1^{\,2} n(n-m_2)}{m_2^{\,2}(m_2+1)}} \quad \text{y}$$

$$\hat{N} + 2\cdot\sqrt{\frac{m_1^{\,2} n(n-m_2)}{m_2^{\,2}(m_2+1)}}$$

III. Selección de tamaño de las muestras en el método directo.

Esta selección de m_1 y n se hace a través de un previo conocimiento de N o la hipótesis de que N está comprendido entre ciertos valores. Además, se examina si la cota de error $\mathcal{E} = 2 \sqrt{\hat{V}ar\ (\hat{N})}$ es aceptable o no. Se hará uso de la aproximación.

(Ec.9) $$\frac{\hat{V}(\hat{N})}{N} \approx \frac{1-p_1p_2}{p_1p_2}$$

donde

(Ec.10) $$p_1 = \frac{m_1}{N} \quad y$$

(Ec.11) $$p_2 = \frac{n}{N}$$

Si el investigador fija valores arbitrarios para p_1 y p_2 y se tiene un conocimiento <u>a priori</u> de N, se puede despejar:

(Ec.12) $$\hat{V}(\hat{N}) = N \cdot \left[\frac{1 - p_1p_2}{p_1p_2} \right]$$

Que contribuirá a determinar la cota de error. Si se considera que esta cota es aceptable, puede resolverse para m_1 y n en las Ecs. 10 y 11, quedando

(Ec.13) $$m_1 = p_1 N \quad y$$

(Ec.14) $$n = p_2 N$$

<u>Bibliografía</u>

Elementary Sampling, William Mendenhall, Lyman Odd and Richard Shaffer, Duxburry Press, 1971.

THE CURRENT STATUS OF OFFSHORE SAND RESOURCES INVESTIGATIONS BEING CONDUCTED BY THE PUERTO RICO DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES

James V. A. Trumbull
U. S. Geological Survey

and

Ramón Alonso Harris
Departamento de Recursos Naturales

ABSTRACT

The Department of Natural Resources conducts a program of marine geologic investigations in cooperation with the U.S. Geological Survey. The efforts of that program are now directed in large part to investigations of offshore sand resources. Larger deposits further offshore are being studied first because they tend to contain more sand than nearshore deposits and because mining them would, in general, have less environmental effect than would mining of nearshore deposits.

The area on the north shelf off Isabela in which commercial interest has been expressed is underlain by poorly sorted fine to very coarse sand of mixed origin and by poorly sorted medium to coarse carbonate sand. A sand deposit northeast of Luquillo on the north shelf seems too thin for mining.

The Escollo de Arenas at the northwestern corner of Vieques contains a good-quality sand that is mostly calcareous, but doubts have been expressed about the feasibility and the environmental effects of mining.

The Cabo Rojo area contains two sand deposits. In the Bahía Sucia are large sand-waves made of calcareous sand. However, some samples contain silt and clay, and the environmental consequences of mining are as yet unknown. The offshore sand deposit that we regard as the best known prospect on the Puerto Rico shelf lies southwest of Cabo Rojo. The sand is coarse, well-sorted, and very uniform over an area of over 3 square miles. The deposit is estimated to contain 37 million cubic yards of sand. The environmental consequences of mining it appear to be minimal.

Tests by the specialized testing laboratory of the Autoridad de Carreteras show that offshore sand is completely suitable for making concrete. Our studies of offshore sand resources are continuing.

Introduction

The Department of Natural Resources is responsible for investigating the potential mineral resources of Puerto Rico. We are all aware of the importance to the people of Puerto Rico of the sea that surrounds our islands. What may be the mineral resources of the floor of that sea?

To find out, the Department conducts a program of marine geologic investigations in cooperation with the U.S. Geological Survey. The basic work of that project is general geologic mapping of the insular shelf. Because of the apparent future need for offshore sand, however, the efforts of that program are now directed in large part to investigations of offshore sand resources.

The research vessel we use is the 20 m twin-screw Jean A., owned and operated by the Department of Natural Resources. She is equipped for all aspects of marine geologic, biologic, and oceanographic work.

We are looking first at the larger deposits further offshore. They appear to contain more sand than the numerous reported nearshore deposits, and simply because of their distance from shore, mining them would in general have less effect on the shoreline than would mining the nearshore deposits.

The Puerto Rico Insular Shelf

Puerto Rico is surrounded by a shallow fringe of seafloor called the insular shelf. Beyond the shelf the sea floor slopes steeply to the depths of the ocean. The water depth at the outer edge of the Puerto Rican shelf is in most places only 40 to 80 m, much shallower than the world-wide conventional depth of 200 m. On the north coast the shelf is only 2 - 3 km wide, except for a wider bulge off the Ramey-Isabela area and a gradual widening east of the Vacia Talega-Loíza area.

Off the east coast the shelf extends eastward continually, to the Virgin Islands. A large area of the shelf north of the line Fajardo-Culebra-St. Thomas is almost totally unknown geologically.

The insular shelf off the south coast, east of Ponce is 6 to 8 kilometers wide, except at the southeastern corner of the island. There, in the general vicinity of Punta Tuna, it is so very narrow, and truly deep water is so close to shore, that the area is under consideration as a site for an ocean-thermal-energy-conversion project. Deep water close to shore has also caused the western end of the south coast of Vieques to be considered for ocean-thermal-energy conversion.

From Ponce to Guánica the insular shelf is narrow and is cut by submarine canyons. The upper reaches of some of them form the deep entrance channels to Guanica, Guayanilla, and Ponce harbors. From Guánica to Cabo Rojo is the fairly wide Parguera shelf, which has many coral reefs and islands.

Off the southern half of the west coast, between Cabo Rojo and Mayagüez, the shelf is as much as 15 km wide. We are only beginning to get an idea of the exact types of sediments that occupy this large area.

From Mayagüez north to Punta Borinquen, the northwestern corner of the island, the shelf is only a few km wide at most. The sediments there tend to be muddy because of river discharge.

Sand Deposits

Our investigations of offshore sand have been concentrated in three areas. Our attention was drawn to the Isabela area by an environmental impact statement prepared in 1973 by Borinquen Minerals Incorporated.

In the area east of Luquillo on the north coast, our routine geologic mapping showed that good-looking sand covered the surface of a fairly large area. However, when we studied the area carefully, we became less impressed with its possibilities. The two high-resolution seismic-reflection profiles that we have made through the sand area show that the sediments are very thin.

The Escollo de Arenas at the northwestern end of Vieques was well known and deserved further investigation.

Our project is responsible for the discovery of two separate deposits in the Cabo Rojo area. One of those, incidentally, appears to be the best of the offshore prospects that have so far been discovered.

Let us look briefly at the geology and the environmental situation of each of these deposits in turn.

Isabela Area

Our geologic mapping in the Isabela area shows that the area in which commercial interest has been expressed is underlain by three types of sediment. The part of the area nearest shore is underlain by sand of mixed origin. Some of the grains are of silicate minerals from the land, whereas others were produced by marine organisms and are formed of calcium carbonate. The sediment is poorly sorted and is fine to very coarse. The area next seaward is underlain by a poorly sorted medium to coarse sand, entirely carbonate. The area furthest seaward is underlain by similar sand that also contains calcareous algal nodules.

The area of commercial interest, which is more than 1 km from shore, appears to have sediments uncoupled from the shoreline. It appears that little or no environmental damage would result from mining it. Water depths are generally 20-40 m, which is very deep for mining, and of course the location is highly exposed.

Luquillo Area

The deposit northeast of Luquillo, as noted above, seems too thin for mining. Two high-resolution seismic profiles across the area show only thin sediment accumulations. The deposits are also rather deep for mining - the shallowest part of them is in a depth of 22 m. Furthermore the area is unprotected from northerly and northeasterly seas and swells.

Escollo de Arenas Area

The Escollo de Arenas at the northwestern corner of Vieques is well known to be a potential sand source, and the calcareous sand there is of satisfactory quality. However, our studies show the feasibility of mining to be somewhat doubtful, pending highly detailed investigations, and that the potential environmental consequences of removing any significant part of the feature might be serious. Long ridges of sand only a few meters below the surface are perched on a long ridge. We have substantiated previous reports that large slabs of bedrock are present in the sand, and the new water pipeline from southeastern Puerto Rico to Vieques crosses the south end of it. But the potential environmental consequences most concern us. The Escollo forms a barrier to the strong tidal currents of the area. If a part were removed, the present current regime, which is even now eroding the north coast of Vieques, would be disturbed, and we think that increased coastal erosion would result.

Cabo Rojo Area

In the Cabo Rojo area are two separate sand deposits. One is in the Bahía Sucia, where the sand is in the form of great underwater sand waves. Depths range only from 8 to 12 m. One sample of the entirely calcareous sand from this area has tested satisfactorily for concrete-making, but some of our samples from the area contain silt and clay. The environmental consequences of mining the sand would need further investigation prior to mining.

The offshore sand deposit that we regard as the best prospect on all the shelf of Puerto Rico (or at least the part that has been explored) lies southwest of Cabo Rojo. The deposit is disconnected from the shoreline, has no significant animal or plant population, and apparently has no fine particles. Furthermore any sediment that did become suspended would be carried away from land by the prevailing water currents. We think mining here would in no way affect the shoreline.

The sand southwest of Cabo Rojo is entirely calcareous and is coarse, well-sorted, and very uniform over an area of more than three square nautical miles. Its thickness there averages 5 m. Coring done in April 1979 showed no particular change in the nature of the sand down to a depth 3.3 meters (10 feet), which was as deep as we could core. In May 1979 we made a detailed seismic thickness survey to prove the tonnage present; as this is written we have not had time to plot up the results. Rough calculations indicate that some 37 million cubic yards of sand is present in the best part of this one deposit.

As a matter of scientific interest, our investigations in the Cabo Rojo area have resulted in the discovery of a drowned line of mid-shelf reefs that occurs at depths slightly greater than 10 m. This dead reef undoubtedly formed during a still-stand in the rise of sea-level that accompanied the melting of the glaciers during the last twenty thousand years.

Suitability of Offshore Sand for Concrete

Through the kind cooperation of the specialized testing laboratory of the Autoridad de Carreteras, samples of offshore sand from Luquillo, the Escollo de Arenas, the Bahía Sucia sand waves, and the area southwest of Cabo Rojo have been analysed to determine their suitability for making concrete.

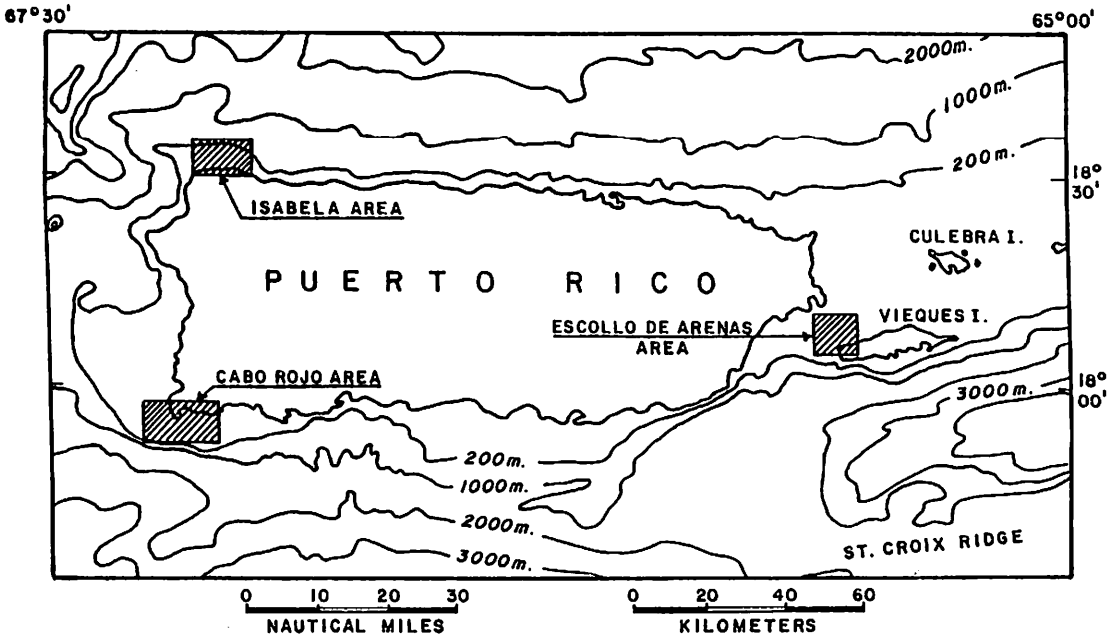
The value of the Luquillo sand is doubtful because of a difficulty in drying it, but all the others passed the tests very satisfactorily. The compressive strength of concrete test samples ranges from 111 to 125 percent of the strength

of samples made of standard Ottawa sand. The particle size distribution is satisfactory, though a small percentage of shells in the coarse fraction would require removal by screening. It is to be emphasized that these tests for concrete suitability were done in relation to the more strict standards used for general purpose construction concrete, rather than the more easily met standards applied to beach sands often used for plastering.

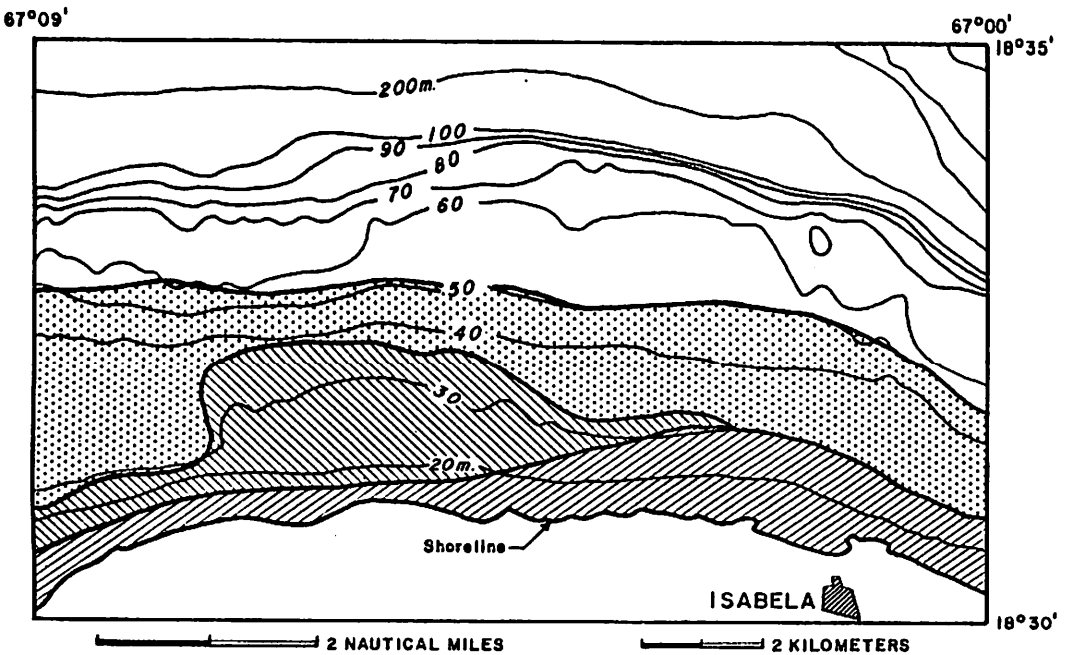
Conclusion

As we have indicated, our studies of offshore sand are continuing, and we will release each of our reports of results simultaneously so that all interests may have equal access to them. Our first publication on Puerto Rico's offshore sand resources has been published as U.S. Geological Survey Map MF-1017 under the title "Surficial geologic maps and data on three potential offshore sand sources on the insular shelf of Puerto Rico." Copies may be ordered from the Branch of Distribution, U.S. Geological Survey, 1200 South Eads Street, Arlington, Virginia 22202. The cost is $0.75.

The Department of Natural Resources and the U.S. Geological Survey are pleased to have this important role in locating and exploring these deposits that may in the future be of so much value to the people and the industry of Puerto Rico.


67°30'
65°00'
2000m.
1000m.
200m.
18° 30'
ISABELA AREA
CULEBRA I.
PUERTO RICO
ESCOLLO DE ARENAS AREA
VIEQUES I.
CABO ROJO AREA
3000m.
18° 00'
200m.
1000m.
2000m.
3000m.
ST. CROIX RIDGE
0 10 20 30
NAUTICAL MILES
0 20 40 60
KILOMETERS

INDEX MAP

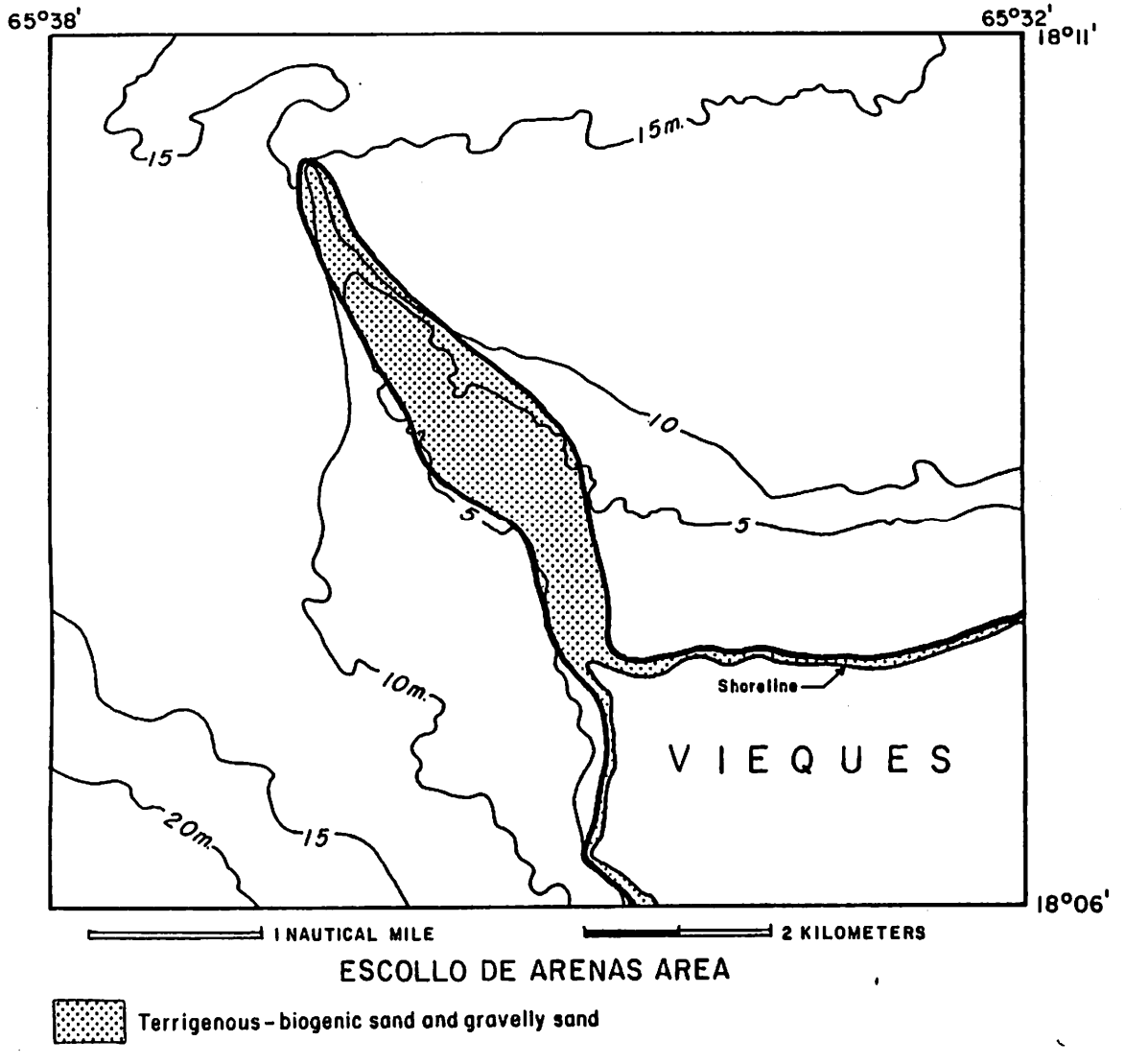


ISABELA AREA

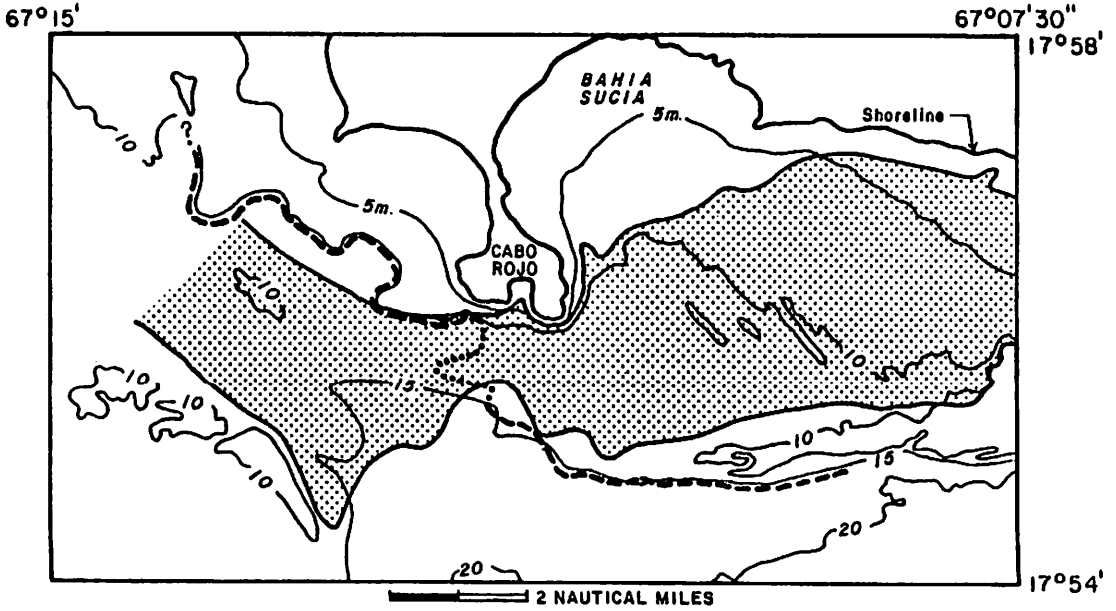
Terrigenous-skeletal to very coarse sand

Algal to coarse sand

Algal sandy gravel



ESCOLLO DE ARENAS AREA



CABO ROJO AREA

Biogenic sand and gravelly sand

Mid-shelf line of drowned reefs

AUSENTE EL MANEJO DE ESCORRENTIA EN PUERTO RICO

Iván R. Emmanuelli
Servicio de Conservación de Suelos
Departamento de Agricultura Federal

RESUMEN

El manejo de escorrentía aún para tormentas menores está causando grandes problemas en Puerto Rico. Los gobiernos estatal y municipales se encuentran con un problema de grandes magnitudes debido a los daños causados por las inundaciones. El problema consiste en que los ríos, quebradas y desagües naturales parecen no tener la capacidad adecuada para contener la escorrentía producida por tormentas que en años anteriores pasaban sin percances. Este exceso de escorrentía causa también gran deterioro en los cauces de ríos y quebradas. ¿Qué es lo que está pasando, llueve más que antes? ¿Había menos conciencia en cuanto a las inundaciones en tiempos pasados? ¿Por qué se secan más los ríos, quebradas, manantiales y pozos de Puerto Rico? Las contestaciones a estas preguntas podemos formularlas en la siguiente forma:

Adoptar una política pública que limite los efectos causados por cambios de uso de terrenos en los márgenes de ríos y quebradas dentro de los límites de un proyecto o una cuenca. Los siguientes pasos pueden ayudar grandemente a resolver o aminorar los efectos causados por cambios de uso de terreno.

1. Asistencia en el manejo y planificación de recursos de agua.
2. Promover y recalcar la inclusión de almacenaje de aguas de inundación en todos los lagos o embalses planificados o a planificarse.
3. Recavar y ayudar a planificar retención de escorrentía en sitio por el uso de estructuras de almacenaje temporero y artefactos de infiltración.

El manejo de escorrentía aún para tormentas menores está causando grandes problemas en Puerto Rico. Los gobiernos estatal y municipales se encuentran con un problema de gran magnitud debido a los daños causados por las inundaciones. El problema consiste en que los ríos, quebradas y desagües naturales parecen no tener la capacidad adecuada para contener la escorrentía producida por tormentas que en años anteriores pasaban sin percances. Este exceso de escorrentía causa también gran deterioro en los cauces de ríos y quebradas. ¿Qué es lo que está pasando, llueve más que antes? ¿Había menos conciencia en cuanto a las inundaciones

en tiempos pasados? ¿Por qué se secan más los ríos, quebradas, manantiales y pozos en Puerto Rico? Las contestaciones a estas preguntas podemos formularlas en la siguiente forma:

Primero: Adoptando una política pública que limite los efectos causados por cambios de uso en terrenos en los regímenes de ríos y quebradas dentro de los límites de un proyecto o una cuenca. Los siguientes pasos pueden ayudar grandemente a resolver o aminorar los efectos causados por cambio de uso de terreno.

1. Asistencia en el manejo y planificación de recursos de agua.
2. Promover y recalcar la inclusión de almacenaje de aguas de inundación en todos los lagos o embalses planificados o a planificarse.
3. Recavar y ayudar a planificar retención de escorrentía en sitio por el uso de estructuras de almacenaje temporero y artefactos de infiltración.

Efectos Causados por el Desarrollo Urbano

Una cuenca urbana se puede definir como un área donde toda o parte de la cuenca será cubierta de estructuras impermeables tales como carreteras, calles, aceras, áreas de estacionamiento, casas, edificios, etc. Los cauces urbanos también pueden ser afectados proveyendo formas artificiales de desagüe tales como cunetas y alcantarillados pluviales.

Los efectos de la urbanización en el régimen pluvial se han reconocido desde hace tiempo. Se han llevado a cabo estudios durante los últimos 35 años para tratar de evaluar los factores envueltos. Idealmente, los estudios hidrológicos para determinar volumen y razón de escorrentía deben estar basados en datos de aforamiento a largo plazo para el área en investigación. Estos datos son rara vez obtenidos y muy especialmente para áreas pequeñas (menores de 5 millas cuadradas) y también debido al corto tiempo que se toma en cambiar una zona rural en urbana. Se hace imperante estimar la magnitud y frecuencia de los picos ("peak rates") de escorrentía para así poder conocer mejor las características de la cuenca. El conocimiento de estas características es necesario para poder determinar como alterar los parámetros y reflejar las condiciones de cambio en la cuenca.

La urbanización de las cuencas cambia el comportamiento de éstas a la precipitación. Los efectos o cambios más comunes son las reducciones en infiltración y tiempo de recorrido ("travel time") que resultan en incrementos significativos en los picos ("peak rates") de escorrentía. El volumen de escorrentía se derermina básicamente por la cantidad de precipitación y por las características de infiltración relativas al tipo de suelo, precipitación precedente, tipo de

cubierta vegetal, superficies impermeables y retención superficial. El tiempo de recorrido se obtiene por medio del declive, largo de recorrido, profundidad de la corriente y la aspereza de la superficie de flujo. Los picos de las descargas o crecientes se basan en la relación de los parámetros antes mencionados, como también con el total de área de capacitación de la cuenca, la localización de los desarrollos en relación con el total de área de captación, así como los efectos de cualquier estructura de control de inundaciones o almacenaje construidos por el hombre. Estas descargas son influenciadas por el tipo de distribución de la precipitación dentro de una tormenta específica.

Parámetros de Volumen - Tipos de Suelo

Ya que las áreas urbanas en raras ocasiones son completamente pavimentadas, las propiedades de los suelos se mantienen como un factor importante en la determinación del volumen total de escorrentía directa. La razón de infiltración y percolación de los suelos indica el potencial para absorber precipitación, y por lo tanto, reducir la escorrentía directa. Suelos con una infiltración alta (arenas y gravas) tienen un potencial de escorrentía bajo, y los suelos con una infiltración baja tienen un potencial de escorrentía alto. Urbanizaciones en suelos con infiltraciones altas aumentan el volumen de escorrentía más que urbanizaciones donde los suelos tienen infiltraciones bajas.

Tipo de Cubierta

El tipo de cubierta y sus condiciones hidrológicas afectan el volumen de escorrentía a través de su influencia en la infiltración de los suelos. Terrenos al descubierto producen más escorrentía que estos mismos con cubierta forestal. Cubriendo áreas con materiales impermeables reducimos el almacenaje superficial y la infiltración, y por tanto, aumentamos el volumen de escorrentía. Parte de la precipitación es retenida en la superficie por la vegetación antes de que ocurra escorrentía. La precipitación interceptada por ramas, follaje, hojas y otros es evaporada luego, y por lo tanto, nunca llega a la superficie del terreno. Aumentando la cubierta vegetativa aumentamos la cantidad de precipitación a ser interceptada.

Con lo antes aquí expuesto esperamos haber traído al relieve los graves problemas que tenemos en Puerto Rico en relación con las inundaciones. Mientras sigamos desmontando, limpiando, desnudando los terrenos en Puerto Rico, lo que verdaderamente estamos haciendo es aumentando el potencial de inundaciones. Esto causa otro problema y es que cuanto menos oportunidad demos a la precipitación a infiltrarse menos

aguas vamos a tener en el subsuelo y por consiguiente menos caudal en ríos, quebradas, manatiales, pozos y acuíferos.

El tiempo es un recurso irrevocable y si no lo usamos bien se pierde por completo; tenemos que empezar de inmediato a planificar inteligentemente los recursos de agua en esta isla. Esta labor no es de un departamento en particular, es labor de todos, desde al agricultor más pequeño, el urbanizador, el planificador, el legislador, y por último, la Rama Ejecutiva; todos tienen que tomar las medidas necesarias para evitar seguir aumentando los riesgos de inundaciones y pérdida de agua en Puerto Rico.

LA PROLIFERACION DE PSITTACIFORMES EN PUERTO RICO Y EL PROBLEMA QUE ESTOS REPRESENTAN

Raúl A. Pérez Rivera
Departamento de Biología
Colegio Universitario de Cayey
Universidad de Puerto Rico

y

Manuel Vélez Miranda
Departamento de Biología
Recinto de Río Piedras
Universidad de Puerto Rico

RESUMEN

El presente trabajo describe las cotorras que han sido introducidas a Puerto Rico en los últimos años. En adición se discute su condición, su distribución geográfica, y se mencionan algunas de las especies de plantas de las cuales se estan, alimentando algunos de estos psitácidos. Amazona aestiva, Agapornis fischeri y Nymphicus hollandicus se informan por primera vez en la isla. Finalmente se discute como la proliferación de la gran mayoría de estas especies podría: a) comenzar a competir en un futuro cercano con algunas de nuestras formas endémicas, b) transmitir enfermedades que causen daño irreparable a nuestra avifauna y c) convertirse en una seria amenaza para nuestros futuros planes agrícolas.

Introduction

At the end of the last century the Psittaciformes were represented in Puerto Rico by two subspecies: the Puerto Rican Parrot (Amazona v. vittata and A. v. gracilipes), and a parakeet or conure (Aratinga chloroptera maugei), a subspecies that also existed in Mona Island which was very similar to the one present in Hispaniola. In 1900 some specimens of the parakeet were offered for sale to Bowdish and he learned of the existence of a population of the bird in the vicinity of Lares (Bowdish, 1903). In 1901 the Mona Island population was considered extinct (Terborg and Faaborg, 1973), and during the same decade the bird also disappeared from the main island. Wetmore (1916) comments that during his study of 1912 he neither observe any parakeet on the island, nor the Culebra Parrot (Amazona vittata gracilipes), whose last three specimens were collected by Baker in 1899. In 1912 the island form (A. v. vittata) was already rare and restricted to several localities of the island such as Naguabo, San Sebastián, Utuado, and Luquillo.

During the fifties the only type of Psittaciform found in the wild on the island was the Puerto Rican Parrot, already confined to the Luquillo Forest. A study done in the years 1953-1956, estimated the population to consist of about 200 birds (Rodríguez-Vidal, 1959). In the sixties the late Francis Rolle reported the Hispaniola Parrot as a new resident. Rolle found nests of Amazona ventralis in the area of Río Grande (Bond, 1965). In the present decade, while our endemic parrot faces extinction, the reports of new Psittaciforms on the island are just amazing! In 1971 Kepler reports the Monk Parakeet (Myiopsitta monachus) from the Metropolitan Area, the Canary-winged Parakeet (Brotogeris versicolorus) and the Yellow-headed Parrot (Amazona ochrocephala) from San Germán (Bond, 1971). Phillibosian and Yntema (1977) report the Hispaniola Conure (Aratinga c. chloroptera), Raffaele (1977) the Orange-winged Parrot (Amazona amazonica), and finally Vélez (1977) reports the Budgericar (Melopsittacus undulatus), the Brown-throated Conure (Aratinga pertinax), the Peach-faced Lovebird (Agapornis roseicollis) and the Red-faced Lovebird (Agapornis pullaria). It is ironic that while our endemic parrot struggles for survival, several of the birds already mentioned, have become resident, are increasing in numbers and expanding in range. The purpose of this work is to report new findings, to discuss the geographical distribution, the status, and the problems the parrots and parakeets already mentioned may cause in Puerto Rico.

Materials and Methods

The main tool used in this study was observation. Parrot activities were observed using binoculars (10 x 50 and 7 x 35 mm.) Telephoto lenses (200, 300 and 400 mm.) on 35 mm. still camera were used to make a better identification of some of the species. Blinds were constructed in areas where parrots were observed feeding in order to study some behavioral activities and make positive identifications. Live animals from pet shops and some skins in the Museums of the University of Michigan and Puerto Rico were also used as references. Bird taxonomy follows the work of Forshaw and Cooper, (1978). Plants listed as food by the species discussed in the work were classified using as reference Little et al. (1967).

Results

Amazona a. amazonica - Orange-winged Parrot

General Description - lenght about 31 cm.; general plumage green; crown and anterior of cheeks yellow; lores and superciliary band violet blue; throat yellowish-green tinged with blue; prominent orange wing speculum across of outer three secondaries bill horn-coloured.

This subspecies ranges from Colombia mainly east of the Andes, Venezuela, except the mountains in the north-west, and the Guianas south through eastern Ecuador and eastern Peru to northern Bolivia, and through Brazil to south-western Mato Grosso and Paraṇa (Forshaw and Cooper, 1978).

The species is first reported by Raffaele (1977), but the locality is not mentioned. We have observed this bird in the small forest behind the new instalations of the R.O.T.C. of the University of Puerto Rico in Río Piedras. There was only one bird mixed with several Hispaniola Parrots. There is no evidence that indicate that the species have bred on the island.

Amazona aestiva - Blue-fronted Amazon Parrot (New Record)

General Description - length about 37 cm.; general plumage green, forehead and anterior lores blue; forecrown yellow tinged with white; hindcrown; periophthalmic region, ear-coverts, anterior of cheeks and throat yellow; pronounced red wing speculum across bases of five outer secondaries; bill grey.

This species ranges from north-eastern Brazil, south to Paraguay and northern Argentina (Forshaw and Cooper, 1978).

An individual of the species mentioned was clearly observed in December, 1977 feeding upon fruits of Royal Palm (Roystonea borinquena) in the grounds of the Agricultural Experimental Station of Río Piedras. The bird was so tame that most certainly could be considered an escapee.

Amazona ochrocephala - Yellow-crowned Amazon

General Description - length about 35 cm.; general color green; crown yellow; earcoverts and cheeks bright emerald green; forehead and lores yellow; throat green; prominent red-wing speculum across bases of five outer secondaries; bill dark grey with orange on sides of upper mandible.

The species ranges from the Guianas, northern Brazil, west through Venezuela, to the Eastern Andes, Colombia (Forshaw and Cooper, 1978). The species shows considerable geographic variations in size and color, especially in the yellow parts on the head and neck (Monroe and Howell, 1966) and apparently more than one subspecies is present in the wild on the island.

The first report of the species was done by Kepler from the area of San Germán (Bond, 1971). At present times, the bird seems to have extended its range since it has been reported in Cayey (Pérez-Rivera and Maldonado, 1977) and Cidra (Pérez-Rivera, 1978). In the last three years we have observed representative of the species on the Campus of the University of Puerto Rico (Río Piedras). The senior author has also

observed the species in Bo. Borinquen (Caguas), Bo. Caguanas (Utuado), in the vicinity of Aibonito and Aguas Buenas. In Cidra the senior author has heard of people that have robbed the nests of this type of parrot. In 1975 Pérez-Rivera noted two of these birds in the area of Treasure Island, Cidra, and in the summer of 1977 he counted five birds in the same area feeding upon fruits of a rose apple tree (Eugenia jambos). Personel of the Department of Natural Resources of Puerto Rico has told us of having observed small groups of this species crossing the José de Diego Highway. This species is breeding on the island and expanding its range.

Amazona ventralis -Hispaniolan Parrot

Since this species is so common in captivity in Puerto Rico we shall describe it.

This parrot once endemic to the neighboring island of Hispaniola, actually has invaded the islands of Saona, Beata, Gonave and Grande Cayemite (Ottenwalder, 1979) and in addition has been illegally introduced in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Wetmore (1916) reported that at the beginning of this century it was common to observe this type of parrot in captivity in Puerto Rico. At present it is illegal to take this bird out of the Dominican Republic and bring it to Puerto Rico without a quarantine, consequently the species is continuously smuggled into the island. Raffaele (1977) reports the confiscation of 151 Hispaniolan Parrot at the San Juan International Airport in 1975. The bird has reached the wild state both in Puerto Rico and in the U.S. Virgin Islands. Phillibosian and Yntema (1977) reported the parrot on the islands of St. Thomas and St. Croix.

In Puerto Rico the Hispaniolan Parrot has been reported in Río Grande by Rolle (Bond, 1965), San Juan and San Germán by Kepler (Bond, 1971), Cayey (Pérez-Rivera y Maldonado, 1977), Cidra (Pérez-Rivera, 1978), and the island of Culebra (Bond, 1967). We have observed the species on the Mayagüez and Río Piedras Campus of the University of Puerto Rico. In addition, the senior author has seen the species at the Maricao Forest (Maricao), Boquerón Wildlife Refugee (Cabo Rojo), Sabana Grande, near the National Guard Training Camp (Salinas), near the rum plant in Cataño, in the Rain Forest of Dorado, and Bo. Paso Palmas of Utuado.

The parrot has been reproducing in Puerto Rico since the early sixties. In 1963 Rolle found a pair of parrots nesting in a coconut palm (Cocos nucifera) in the area of the Río Grande (Bond, 1965). Years later Kepler found a nest in the area of San Germán (Bond, 1971). In 1974 Pérez-Rivera observed a bird entering a cavity of an ucar tree (Bucida buceras) in Dorado. Apparently in this area the birds have successfully bred, since they have increased from two in 1974 to six in 1977.

Some colleagues have reported to us that the species is also breeding in the Maricao Forest and in the area of Vega Alta.

Pérez-Rivera (1977) reports the Hispaniolan Parrot feeding in the area of Cidra upon "espino rubial" (Zanthoxylum martinicense). In adittion Pérez-Rivera has observed the bird feeding upon fruits of Royal Palm and mango (Mangifera indica) in Dorado and open ripe bananas (Musa sapientum) in Utuado.

Aratinga chloroptera chloroptera - Hispaniola Conure

General Description - length about 30 cm.; general color green; brilliant red under its wing; bent of wing and edge of forewing also red; long, pointed tail.

The conure is easy to differentiate from a parrot since it produces a screech sound instead of squawk (sound of parrots) and usually flies in a straight line with short wing beat. These birds also have a pointed tail, while the parrots have a short square one.

The subspecies mentioned above is endemic of Hispaniola. Recently, Phillibosian and Yntema (1977) reported it from Puerto Rico but do not mention the locality where it was seen. Pérez-Rivera has observed single individuals in the Costa Azul Mangroves (Luquillo) and at Villa Blanca (Caguas). However we observed a flock of about 10 individuals in June, 1977 in the Campus of the University of Puerto Rico at Mayaguez.

It is difficult to explain how this species has reached the wild condition in Puerto Rico because of the following: (1) it is illegal to take the bird out of the Dominican Republic, and (2) it is not popular as a pet since it does not learn to imitate human sounds easily. A possible explanation of how the species has reached the wild condition in Puerto Rico might be the story of a boat bringing into the island a big illegal shipment of Hispaniolan Parrots and Conures. It is said that when the local authorities denied the permit to unload the birds, the boat owner, unwilling to return back with its cargo, released the birds in the surrondings of the Mayaguez harbor. Although the story has not been confirmed , it presents a good explanation to the question formulated above. As Puerto Rico and Hispaniola have so much in common it is hard to believe that this species has not found adequate conditions to breed on the island.

Aratinga canicularis - Orange-fronted Conure or Half Moon Conure (New Record)

General Description - length about 24 cm.; general plumage green, broad orange frontal band extending down to lores; forecrown dull blue; abdomen, under tail-cocoverts and under wing-coverts greenish-yellow; tail above green, below dusky olive-

yellow; naked periophthalmic ring dull orange-yellow; legs greyish brown.

This is western Central America species, found from Sinaloa, Mexico south to western Costa Rica.

The Half Moon Conure has been observed in groups up to 10 individuals, mainly in the surroundings of Isla Grande Naval Station and the Sixto Escobar Sport Arena. Mr. José Declet, a bird watcher and pet shop dealer, told the first author that the conure breed this year (1979) in the area of Isla Grande Naval Station. According to Mr. Declet, the nest was constructed inside a termitarium. The species is apparently breeding on the island and althought it has been only observed by us in the Metropolitan Area, may expand its range in the years to come.

Aratinga pertinax - Brown-throated Conure

General Description - length about 25 cm.; general plumage green forehead, lores and sides of head orange-yellow; throat and breast pale olive-brown; center of abdomen orange; bill brown.

The species ranges from Panama, northern South America, and islands of the northern coast of Venezuela; introduced to St. Thomas, Virgin Islands (Forshaw and Cooper 1978).

A single individual was observed March 12, 1977 in the Costa Azul Mangrove (Luquillo). The bird was observed in the company of several Canary-winged Parakeet. We have not observed this species in the pet shops of the Metropolitan Area and wonder if the bird is being introduced illegally or has arrived accidentaly form the neighboring island of St. Thomas. Mr. José Declet told us of having observed a group of these birds in Vieques.

Agapornis fischeri - Fischer's Lovebird (New Record)

General Description - length about 15 cm.; plumage green, more yellowish on underparts; forehead, cheeks and throat orange-red; upper breast and collar around neck yellow; naked periophthalmic ring white; bill red.

The genus Agapornis is represented by nine species that inhabit the African Continent and Madagascar. These Psittaciforms have been called lovebirds, because they form pairs at an early age and mate for life.

In July of 1977 the first author observed at the Río Piedras Campus of the University of Puerto Rico what he thought was a Red-faced Lovebird (A. pullaria) (Vélez, 1977). Later in December we had a closer look at apparently the same bird and were able to observe it in detail noticing it was

a Fischer's Lovebird (A. fischeri) instead of the Red-faced form. The details we were to see in the second set of observations convinced us it was a fischeri. Since only one bird has been observed in the area of Río Piedras the species should be considered an unusual escapee.

Agapornis roseicollis - Peach-faced Lovebird

General Description - length about 15 cm.; general plumage green, decidedly more yellowish on underparts; forehead and behind the eyes red; lores, cheeks, throat and part of the breast deep rose; bill horn coloured; rump bright blue and the tail bluish below.

Two individuals were observed by the first author resting in a big tree near stop 15 on Fernández Juncos Avenue. The birds were very tame so that it was possible to observe them for about half hour without interrupting their activities (preening and vocalizing with a sort of soft shiek). In addition, we have a specimen in our collection from Caguas. We considered the species a rare escapee.

Brotogeris versicolurus versicolurus - Canary-winged Parakeet

General Description - lenght about 22 cm.; general plumage dull green; forehead, periophthalmic region and forehead of cheeks tinged with bluishgrey; outer webs of first primaries green washed with blue toward bases; remaining primaries white; secondaries white tinged with yellow; secondary covers yellow; bill horn coloured with pronounced yellow tinge.

This species ranges from French Guiana, the Amazon Basin in northern Brazil, south-eastern Colombia, and eastern Ecuador south to northern Argentina, Paraguay, and south-eastern Brazil (Forshaw and Cooper, 1978).

This seems to be the most common Psittaciform in the wild condition in Puerto Rico. In 1971 it was reported by Kepler from the area of San Germán (Bond, 1971). Since then, the parakeet has extended its range and is breeding on the island. We have observed the bird in Añasco and Mayaguez (west), the Wildlife Refuge of Boquerón and Mangroves of Humacao (south), in the vicinity of Maricao, San Germán and Guaynabo (center of the island), and in Río Piedras, Bayamón, and Costa Azul Mangrove of Luquillo (north). In Bayamón (in the vicinity of Villa Rica), Pérez-Rivera has observed groups of about 300 individuals, in San Germán of some 75 birds, and in the mangroves of Costa Azul of near 20. In the area of Guaynabo the bird have been nesting in termitariums. Two birds taken from this area and that were examined by Pérez-Rivera pertain to the subspecies versicolurus.

Melopsittacus undulatus - Budgerigar or Australian Parakeet

This is the so called "periquito australiano", and since it is well known and very popular as a pet we will not describe it here. These parakeets must have escaped from captivity many times in Puerto Rico, since it is very popular as a pet and have many times been succesfully breed in captivity. We have observed single individuals in San Juan (El Morro area), Caguas, Cayey (captured by the son of one of our colleague's), Utuado, Yauco, and in several cases in Río Piedras. The only occasion that more than one bird has been seen together was December 29, 1978 in Ensenada (Lajas) when two specimens were observed eating in a bird feeder. These were not the tame birds that we found previously. The lens of our camera touched one of the window panes and the noise was enough to make the birds disappear. This species has not been able to breed in the wild condition in Puerto Rico.

Myiopsitta monachus monachus - Monk Parakeet

The description and some aspects of the ecology of this bird in Puerto Rico were discussed by Gochfeld in 1973. This is the only Psittaciform that is not going to be limited by the number of cavities available on trees of the island since it construct communal nests. Gochfeld (1973) found two nests of the species at El Morro. We have observed nests in coconut palms at Boqueron (Cabo Rojo), in the grounds of the Isla Grande airport, Bo. Cañaboncito (Caguas) at the end of McKinley St. (Mayagüez) and Prof. Juan Ricart informed Pérez-Rivera of nests of this species at the Campus of the Catholic University in Ponce. At Arecibo (near Caño Tiburones), and in the area of Palmas del Mar (Humacao) Pérez-Rivera has observed adults with twigs in its bill during the months of April and June respectively. From the data obtained from the nests of Mayaguez and Caguas it seems to be that the bird is breeding in Puerto Rico from March to June.

Two birds collected at Bo. Cañaboncito pertains to the subspecies monachus. This bird represent a threat to our grain crops specially to the rice. In Argentina the bird is considered a crop pest and the government has expended millions of dollars trying to control their large numbers. We are still on time to erradicate this bird from Puerto Rico.

Nymphicus hollandicus - Cockatiel (New Record)

General Description - Lenght about 30 cm.; dimorphic species-female; general plumage grey; underparts pale and sometimes washed with brown; crest and cheek-patches dull yellow tinged with grey; ear-coverts dull orange; lateral tail-feathers yellow irregularly barred with dark grey.

This species is endemic to Australia. A female as the one described above was observed February 28, 1979 resting on a branch of a "laurel de la India" tree (Ficus retusa), in

the grounds of Condominio El Monte in Hato Rey. Another bird was observed October 7, 1979 in the area of Venus Gardens, Cupey. Both birds were very tame, probably recent escapees.

Cacatua sulphurea - Lesser Sulphur-crested Cockatoo (New Record)

General Description - Length about 32 cm.; general plumage white; ear coversts bright yellow, narrow forward-curving crest yellow; naked periophthalmic ring creamy-white; bill grey-black; legs dark grey.

This species is native to Celebes and adjacent Buton Island, Sunda Islands, and islands in the Flores and Java seas, Indonesia (Forshaw and Cooper, 1978).

Two of these birds could be seen offently in the surroundings of Venus Gardens, Cupey. The neighbors of the area told us, that the birds escape from the same owner.

Discussion

With the exception of the Monk Parakeet (Myiopsitta monachus) all the Psittaciformes mentioned in this work are cavity nesters. Adecuate cavities for nesting apparently are limited in Puerto Rico. Raffaele (1977) maintains that the Sparrow Hawk (Falco sparverius caribaearum) has become rare in some parts of its range because of the lack of natural cavities. According to Delannoy (1979) our native parrot is suffering the same problem. We could add that our woodpecker (Melanerpes portoricensis) has also decreased in numbers in some parts of the island and may be confronting the same problem. If the number of cavities available are limited, undoubtedly these parrots (as they vary in size) will begin to compete with our species. As a result, our native species may just hold on, decrease in numbers or even disappear. There are records of Budgerigars taking over cavities from Purple Martins (Jackson, 1977) and Starlings taking over from woodpeckers (Pearson et al, 1936).

Parrots are well known carriers of the so called parrot fever or psittacosis. This deathly infectious disease not only affects parrots but also a large number of bird species. Although the disease has not been diagnosed in Puerto Rico, the large number of importations and the illegal traffic of Psittacines into the island increases the probability of bringing this disease to our fauna. In September of 1979, some 3,000 Monk Parakeet were imported to the island (personal communication of a pet shop dealer); On the other hand, birds such as the Peach-faced Lovebird and the Pale-vented Mynah have not been reported to enter legally into U.S.

territory, neither the "pirañas" found in some pet shops by the U.S. Fish and Wildlife Agents.

Newcastle disease and avian pox are now common on the island. We know of persons that have lost almost all their chickens or domestic pigeons as a consequence of these diseases. Newcastle was traced in West Germany on three occasions from exotic parrots imported from South America and Africa (Gochfeld, 1973). The avian pox has already been reported in our wildlife. Post and Wiley (1976) reported the disease in our endemic and now endangered species, the Yellow-shouldered Blackbird (Agelaius x. xanthomus). Although we could not be certain the introduced parrots were the disease carriers, we can not eliminate the possibility of transmission by either a parrot or by one of many exotics that have been reported on the island (see Vélez, 1977). Just imagine an epizootic reaching the population of Puerto Rican Parrots at El Yunque. When a population reaches a number of only 27 birds in the wild (Delannoy, 1979), any adverse pressure acting upon it, is potentially catastrophic. Berger (1972) claims that the extinction of many birds in Hawaii was caused by foreign diseases brought by exotics. At present, many of the exotics introduced in Puerto Rico are living in urban areas and have not been in full contact with our wildlife; nevertheless, some of them as the Canary-winged Parakeet that have reached the Luquillo mountains, have begun to move farther inland, and here is where the problem will occur. The lost of a species such as the mono-generic and endemic Puerto Rican Tanager (Nesospingus speculiferus) could be considered a disgrace not only for Puerto Rico but for the whole ornithological world.

Although the parrots have a sophisticated and peculiar mating behavior, the possibility exists that they may interbreed. In captivity many hybrids have been obtained. There is always the possibility that of some of the parrots mentioned above, reaching El Yunque, and mating with our endemic species. In this case we would lose the isolated gene pool of thousands of years. Perhaps the adverse climatological conditions of El Yunque will avoid this, but the future restocking of the parrot in the area of Río Abajo (between Arecibo and Utuado) may be ruined. The Yellow-crowned Parrot and the Hispaniolan Parrot have been reported in the area of Utuado and at least the Hispaniolan one should not have any problem in the future invading the area. Ottenwalder (1978) reports the species with broad limits of tolerance being found from the highest peaks to the xerophitic parts of Hispaniola. Lack (1976) suggest that the Hispaniolan Parrot gave origin to the Puerto Rico one. This increases the probability of hybrids between the two species.

Our agriculture in the near future may be confronting big problems with the introduced parrots. The Monk Parakeet,

a new resident for the island, and expanding in range, is considered a crop pest in Argentina. The bird attacks crops such as corn, rice, and fruits. The Hispaniolan Parrot has been reported to cause some agricultural problems in the Dominican Republic and has been reported to feed upon pigeon peas, corn, bananas, and plantain. The last one has become one of the most important crops of Puerto Rico. The production of plantains has been increasing in recent years and, as an example, the crop value for 1974-75 was $21.6 million (Del Valle et al., 1978). In this work the Hispaniolan Parrot is reported feeding upon mangos and bananas and we have heard of parrots (not identified) visiting backyards to feed upon papayas, guavas and grapefruits. The Budgerigar and the Canary-winged Parakeet include a large number of seeds in their diet. If the Canary-winged Parakeet keeps increasing in number it will not be surprising if farmers begin complaining about parrots attacking their crops of pigeon peas, beans and corn. Raffaele (1977) already reports this type of Parakeet as a problem for some crops in Puerto Rico. These are not mentioned in his work. Efforts are being made to establish a rice industry in Puerto Rico (Benero, et al., 1978) and the introduced parrots represent a potential threat to the large scale project.

We are still in time to make sound laws in order to have a more rigorous control of exotic importations and also to erradicate some of the birds that have reach the wild condition. We want to warn that if the governmental agencies in charge and the public does not cooperate in the control and erradication of exotics, Puerto Rico may end with big problems in its agriculture like Argentina, or like New Zealand and Hawaii, with a reduced number on the native species.

Bibliografía

Benero, J, and M. A. González.: "Cooking Characteristics, Eating Quality, and Preference of Some Rice Varieties Grown Experimentaly in Puerto Rico" - Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 62(2); 171-177. 1978.

Berger, A.: Hawaiian Birdlife - The University Press of Hawaii, Honolulu. pag. 7. 1972.

Bond, J.: "Tenth Supplement to the Check-list of Birds of the West Indies (1956)" - Academy of Natural Sciences of Philadelphia. pag. 9 1965.

_____ "Twelfth Supplement to the Check-list of Birds of the West Indies (1956)" - Academy of Natural Sciences of Philadelphia. pag 10. 1967.

_____ "Sixteenth Supplement to the Check-list of Birds of the West Indies (1956)" - Academy of Natural Sciences of Philadelphia. pag 13. 1971.

Bowdish, B.: "Birds of Porto Rico" - Auk. 20:10-23. 1903.

Delannoy, C.: "Cotorra Puertorriqueña (Amazona vittata) Habita ahora solo en la Sierra de Luquillo" - El Mundo. pag. 6A. Marzo 21, 1979.

Del Valle, R., et al.: "Response of plantains to Banded and Broadcast N and P Applications at Planting and to Residual P on an Ultisol" - Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 62(1): 29-38. 1978.

Forshaw, J. and W. Cooper.: Parrots of the World - T.F.H. Publications, Inc. New Jersey. 584 pp. 1978.

Gochfeld, M.: "Ecologic Aspects of Ectopic Populations of Monk Parakeets (Myiopsitta monachus) and possible Agricultural Consequences" - Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 57(3): 262-270. 1973.

Jackson, J.: "Competition for Cavities and Red-cockaded Woodpecker Management" - In Endangered Birds- University of Wisconsin Press. pp. 103-112. 1977.

Lack, D.: Island Biology - Illustrated by the land birds of Jamaica - Blackwell Scientific Publications, Oxford, London. pag. 259. 1976.

Little, E., et al.: Arboles Comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes - Editorial de la U.P.R. Puerto Rico. 827 pp. 1967.

Monroe, B., and T. Howell.: "Geographic variations in Middle American parrots of the Amazona ochrocephala complex" - Occational Papers of Museum of Zoology of La St. University. No. 34 pp. 1-18. 1966.

Ottenwalder, J.: "Las Cotorras del Caribe" - Noticias del Zoodom. Revista del Zoologico de la República Dominicana. No. 3 pp. 19-28. 1979.

Pearson, G.T. et al. (Editors).: Birds of America - Doubleday and Co. Inc., Garden City, New York . pp. 235-240. 1936.

Pérez-Rivera, R.: "Lista de cotejo de las aves de Cidra y algunos comentarios sobre estas" - Revista Cayey. Vol. XI. No. 21 pp. 101-113. 1978.

_____ "Nuevos datos sobre la Paloma Sabanera (Columba inornata wetmorei)"- Science-Ciencia. 5.1: 77-78. 1977.

_____ y L. Maldonado.: "Lista de cotejo de las aves de Cayey y algunos comentarios sobre estas" - Revista Cayey. Vol. X. No. 19 pp. 129-136. 1977.

Philibosiam, R., and J. Yntema.: Annotated Check-list of the Birds, Mammals, Reptiles and Amphibians of the Virgin Islands and Puerto Rico - Information Services Frederiksted, St. Croix, U.S. Virgin Island. pag. 24. 1977.

Raffaele, H.: La Fauna de Puerto Rico - Gran Enciclopedia de Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico. Vol. 9 pp. 283-286. 1977.

Rodríguez-Vidal, J.: "Puerto Rican Parrot Study (Amazona vittata vittata)" - Monographs of the Dept. of Agriculture and Commerce. 1:1-15. 1959.

Wetmore, A.: Birds of Porto Rico - United States Department of Agriculture. Bulletin No. 326. pp. 55-56. 1916.

Vélez, M.: "Catalogo General de los Nombres Vulgares y Científicos de la Fauna Puertorriqueña. Parte Primera: Los Vertebrados" - Science-Ciencia. 5.1: 12-33. 1977.

EROSION EN PUNTA UVERO

José Benedetty
Area de Investigaciones Científicas
Departamento de Recursos Naturales

RESUMEN

En los últimos 25 a 30 años la isla de Puerto Rico ha estado experimentando un período de erosión severa en sus costas. Este fenómeno se ha agudizado en los últimos 10 años. Se han localizado monitores alrededor de la isla para determinar los efectos, posibles causas, y la posible minimización del problema.

Hasta el momento tenemos 9 lugares donde se toman perfiles mensuales, 4 donde se toman medidas mensuales y 6 donde se toman medidas bimensuales. Esperamos que al finalizar el año tengamos estaciones alrededor de toda la isla.

Resultados Obtenidos:

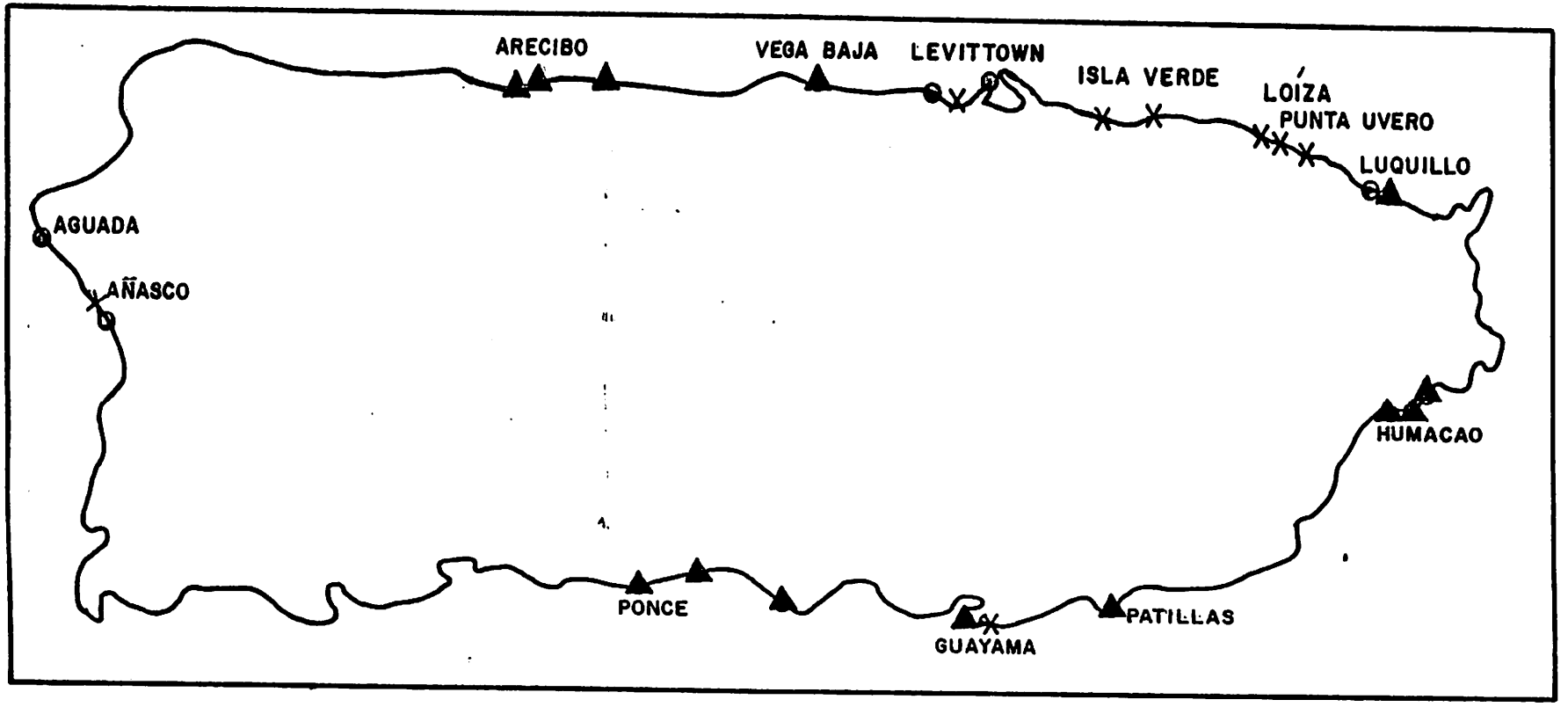
Durante los pasados 8 meses hemos recopilado data relacionada con cambios erosionales en diferentes lugares alrededor de la isla. Basándonos en esta data y en trabajos hechos por el Dr. Morelock (Estudio Erosión de Costa) hemos confirmado una vez más que la parte norte de la isla es la costa más afectada. El área con la erosión más severa durante esos 8 meses lo fue Punta Uvero en el sector de medianía en Loíza. El Dr. Morelock clasifica esta zona como de erosión severa y de su estudio de fotos aéreas se desprende que durante los años de 1936 al 1962 la erosión fue moderada, pero entre 1962 al 1971 cambia a una muy severa con un promedio de 3.3 metros por año. De los perfiles tomados durante los pasados 8 meses se puede notar que durante los meses de diciembre de 1978 a marzo de 1979 se erodaron un promedio de 3.16 metros por mes, lo que convierte esta zona en una de gran peligro si esta condición persiste por mucho tiempo. Por esta razón Punta Uvero tiene nuestra mayor atención y estamos estudiando las posibles causas del problema.

Introducción

Durante los últimos años la acción del mar ha estado erosionando severamente nuestras costas. Para poder determinar la magnitud de esta erosión, fue necesario establecer una serie de estaciones de observación alrededor de la isla en donde este problema era más evidente (Figura 1).

Fig. 1

LOCALIZACION AREA DE ESTUDIO PROYECTO EROSION DE COSTAS



—LEYENDA—

- ⊙ - MEDIDAS MENSUALES
- ▲ - MEDIDAS BIMESTRAL
- X - PERFILES MENSUALES

Método Usado

Cada estación fue rotulada con un número que se colocó en palmas, pinos o cualquier estructura que estuviera fuera del alcance de las olas. Se le asignó una frecuencia de visitas que variaba de mensual a cada tres meses. En los lugares con mayor erosión se hicieron perfiles perpendiculares a la playa utilizando tránsito y nivel de mano. En los lugares con poco cambio se medía la distancia entre el rótulo y la huella del oleaje o escalón de la playa.

Además de los perfiles y mediciones, se tomaron en algunos casos data adicional, como por ejemplo, dirección del viento, dirección de la ola, altura de la ola, período de la ola y muestra de arena para análisis granulométrico.

En Punta Uvero, por ser uno de los lugares con un severo problema de erosión, establecimos cuatro (4) estaciones (Figura 2) en donde se llevaron a cabo los perfiles mensuales. La estación número 3 se estableció en agosto de 1978 y se obtuvieron datos casi continuos hasta diciembre de 1979. Debido a cambios en el patrón erosional fue necesario establecer las estaciones 7, 8 y 9 en el mes de junio de 1979.

Geología

Kaye (1959) nos dice que el sector de Medianía Alta, donde se encuentra Punta Uvero, pertenece a la planicie costera aluvial del norte de la isla y está caracterizada por bajo relieve y cortada por pantanos y lagunas costeras (Figura 3).

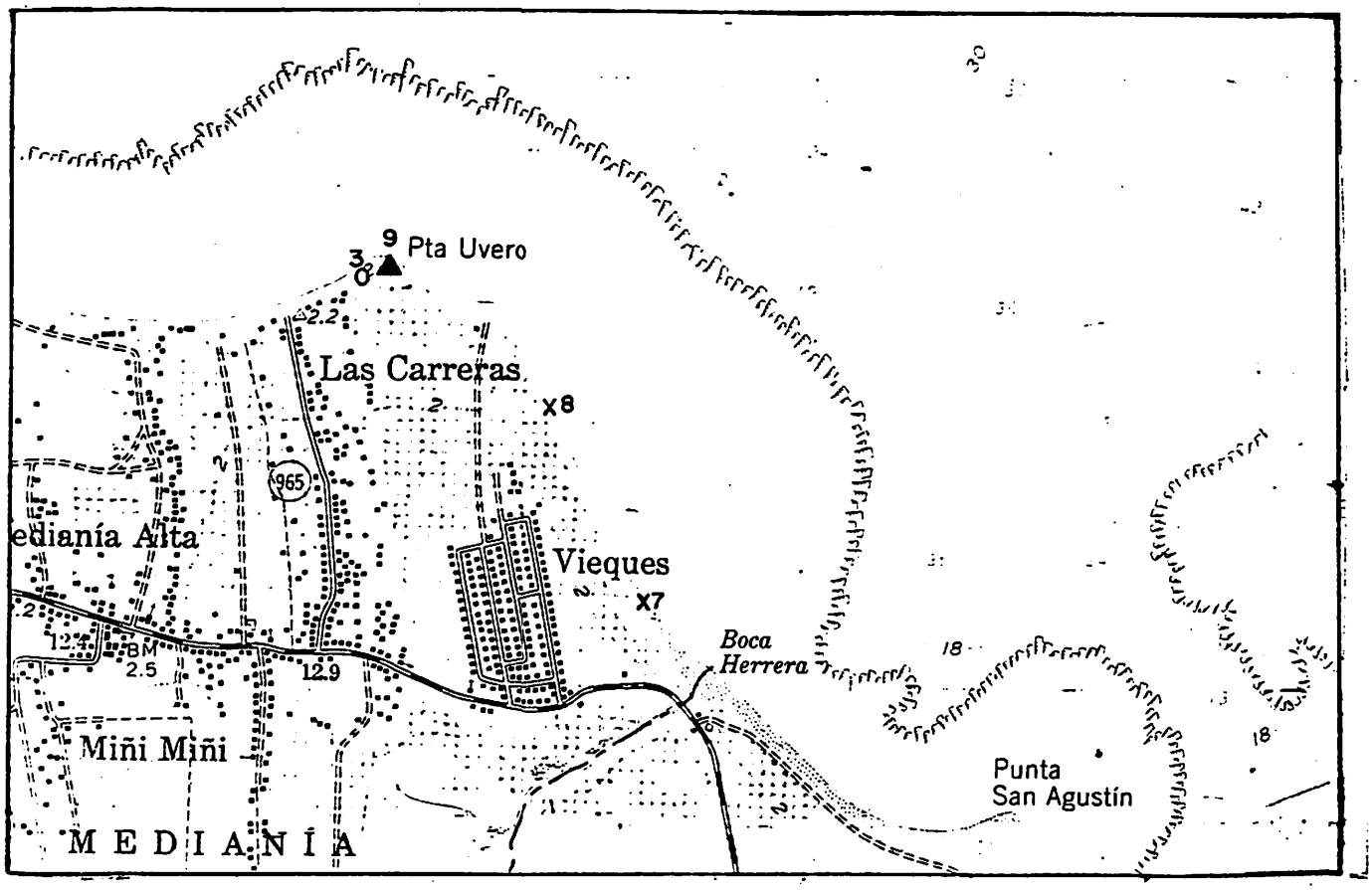
Clasifica Kaye (1959) este lugar como una playa fósil donde su costa prehistórica tiene alrededor de 1,100 años de edad y se encontraba a 1.981 kilómetros al sur de la costa en 1940 (fecha del levantamiento geológico de esta área), en el banco izquierdo del Río Grande de Loíza. Haciendo uso de las fotos aéreas de 1936-1937 y 1951 Kaye (1959) estimó que la playa aumentaba 1.09 metros por año.

Punta Uvero carece de la protección de dunas cementadas o rocas de playa ("beachrock") en la costa como la tiene casi todo el litoral desde Río Grande de Loíza hacia el oeste hasta Isabela. Su única protección contra el embate de las olas son unos crecimientos coralinos sumergidos frente a la costa (Figura 3).

Observaciones Litorales

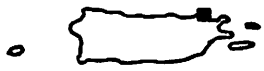
El patrón de corrientes en la parte norte del ecuador se mueve en dirección oeste-noroeste y domina todas las Antillas (Kaye, 1959). Cerca de la costa esta condición puede variar dependiendo, en la mayoría de los casos, de la dirección del

LOCALIZACION DE PERFILES
CUADRANGULO DE RIO GRANDE



SCALE 1:20,000

1 = 5 0 1 KILÓMETRO



PUERTO RICO

LOCALIZACION DE CUADRÁNGULO

CAROLINA

ÁREA DE LOCALIZACION

O—RÓTULO EN TUBO NO.3
X—RÓTULO EN PALMA NO.7
X—RÓTULO EN PALMA NO.8
▲—RÓTULO EN PINO NO.9

FIG. 2

MAPA GEOLOGICO SIMPLIFICADO DE PUNTA UVERO Y PUNTA IGLESIA

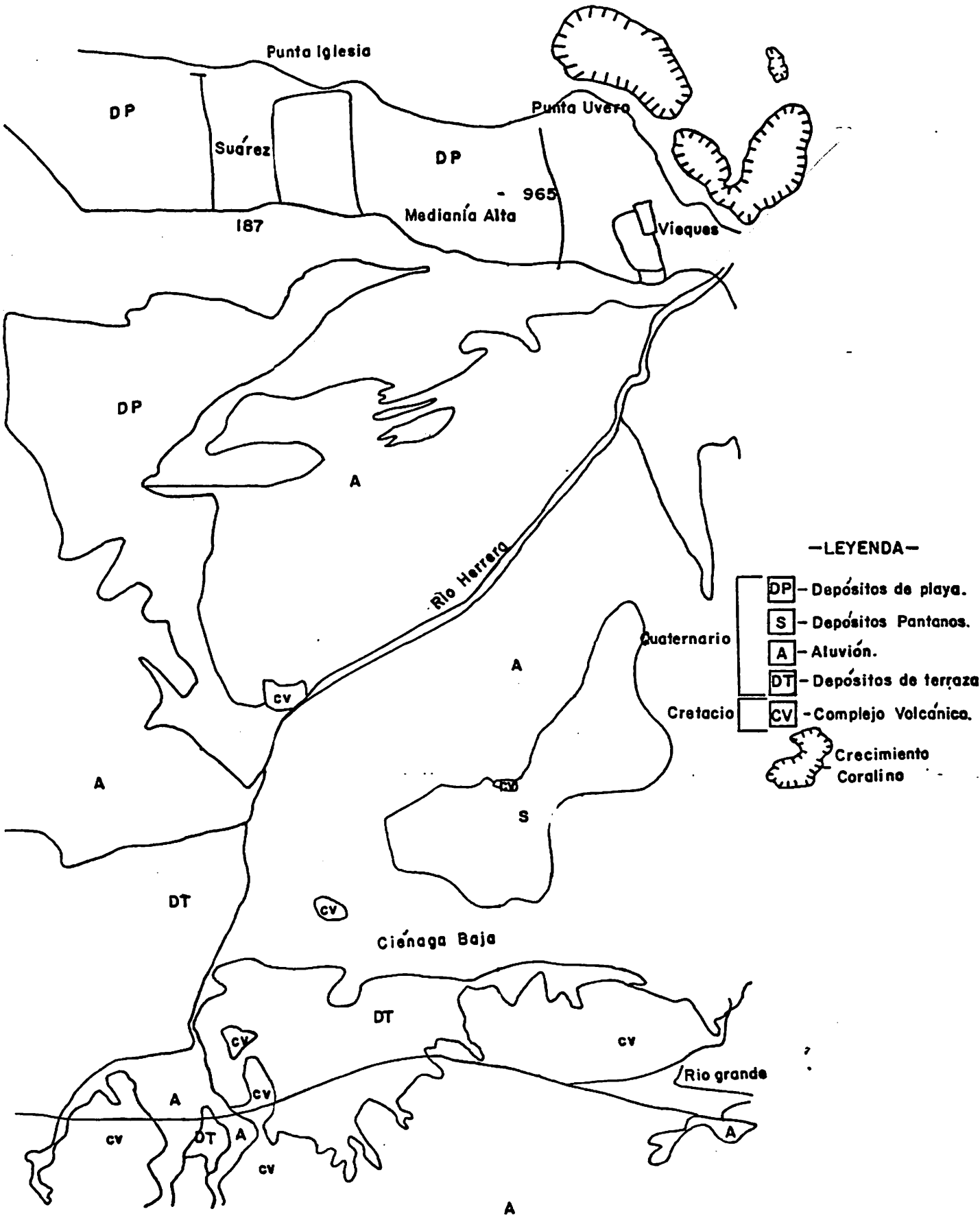


FIG. 3

ESCALA APROXIMADA 1:32000

viento prevaleciente en el lugar. En mediciones hechas utilizando un medidor de viento de mano y un tránsito de bolsillo "Brunton", durante el período entre agosto y diciembre de 1979 encontramos lo siguiente: La dirección promedio de la ola fue de norte-noreste, la dirección del viento fue de este-sureste con una velocidad de 3.20-9.60 km/hr. La altura promedio de la ola fue de .30-.50 cm llegando a 1 metro en marejadas fuertes durante los meses de octubre-diciembre.

Utilizando fotos aéreas infrarrojas de 1974, se observó claramente el patrón de corrientes cerca a la costa. La Figura 4 muestra como las corrientes litorales mueven los sedimentos de este a oeste a través de los espacios abiertos de la formación coralina que proteje la playa.

Marejadas Históricas en el Lugar

La costa norte de la isla es afectada por un fuerte oleaje durante el mes de diciembre de cada año, como resultado de tormentas ciclónicas que ocurren en el Océano Atlántico durante la época de invierno.

Durante los años 1962-1968 la isla fue afectada por los oleajes mas fuertes registrados. Estos causaron grandes daños a la costa, siendo las zonas mas afectadas el litoral entre Quebradilla y Barceloneta, La Perla en San Juan y el área de Piñones. (Fields and Jordan, 1972). Aunque no se pudo medir con exactitud la altura de la ola, ellos estimaron que se generaron olas de hasta 7.62 metros (25 pies).

Curiosamente, el área de Punta Uvero no se vió muy afectada por estos fuertes oleajes ya que el efecto mayor en el área lo recibió el pueblo de Loíza Aldea, en donde el mar llegó hasta el contorno de 1 metro, inundando la parte norte y oeste del pueblo. Fields and Jordan en su trabajo Stormwave Smash Along the North Coast of Puerto Rico nos ofrecen una fórmula para determinar la frecuencia y la altura de la ola que podemos esperar en diferentes períodos de tiempo en cualquier lugar de la costa norte. Utilizando esta fórmula, en un año podemos esperar olas de 1 a 2 metros de altura, en 5 años olas de 2 metros, en 10 años olas de 3 metros y en 20 años olas de 4 metros. La probabilidad de que ocurra una ola de 20 años (4 metros) en cualquier año es de un 5% (Fields, 1972).

Si tomamos el oleaje de 1967 como la última de magnitud, ahora estamos en la frecuencia de los 11 años lo que nos indica que podemos esperar olas en el sector de Punta Uvero de 3 metros de altura.

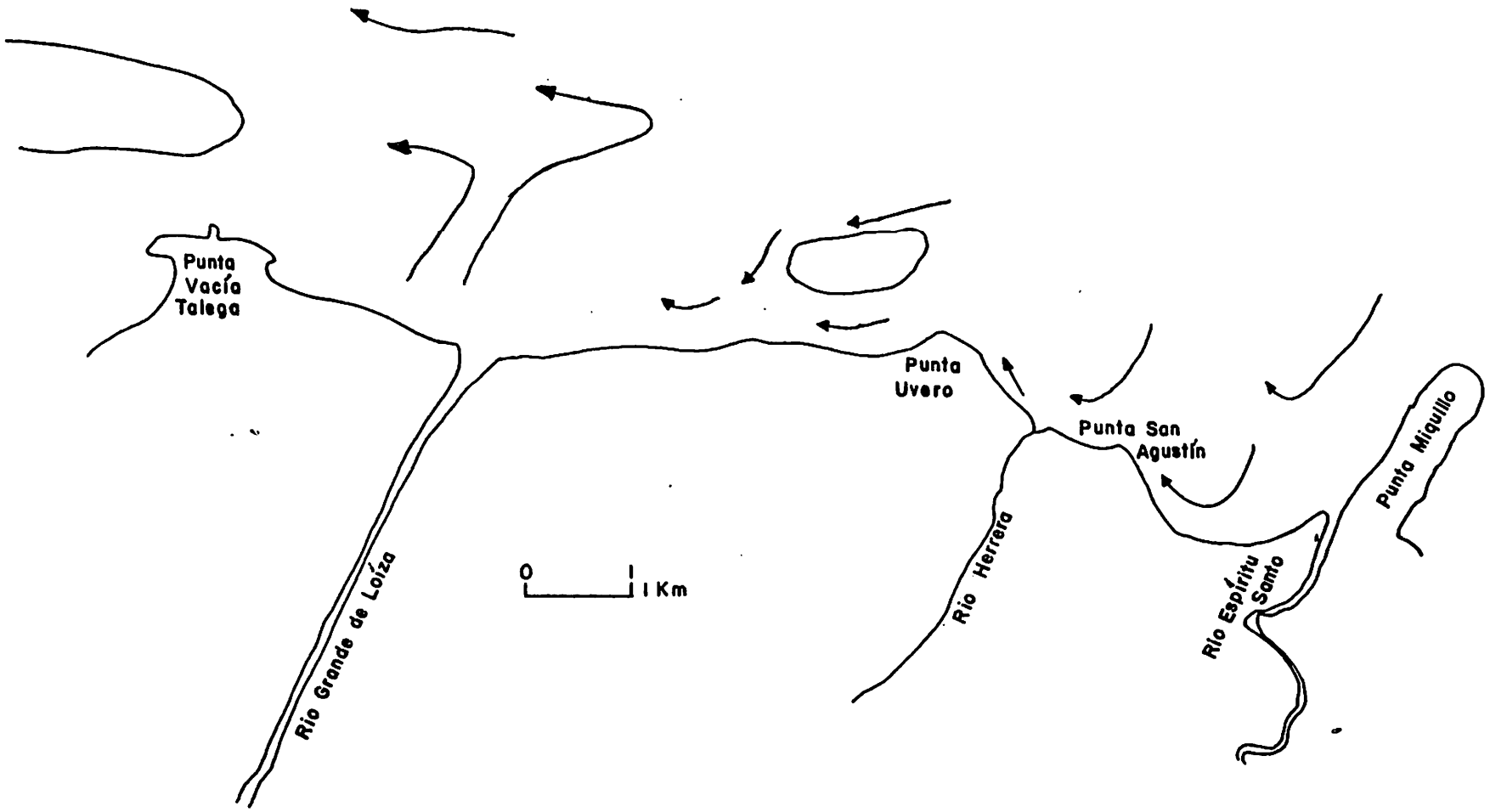


FIG. 4 Patrón de movimiento de corrientes en el área de Punta Uvero utilizando fotos infrarojas de 1974.

NOTA:
FLECHAS INDICAN MOVIMIENTO DE CORRIENTES

Erosión en el Area de 1936 a 1977

Morelock (1977) en su análisis fotográfico encontró que entre 1936 y 1962 la erosión en el lugar fué moderada, de 1962 a 1971 se convierte a una de erosión más severa con un promedio de erosión en la costa de 3 metros por año. Si comparamos las fotos aéreas de 1971 y 1977 encontramos que continúa la erosión, pero en un grado mucho mayor, promediando 4 metros por año. Un metro más de lo encontrado por Morelock (1977) en el período anterior convierte esta área en una de extensa erosión.

Comparando las fotos de 1936 y 1977 (ver Figura 5) encontramos que en 41 años se ha erodado alrededor de 100 metros en parte de mayor erosión identificado como Punta Uvero, y aproximadamente 40 metros en el área de menor erosión identificado como Sector Vieques.

En la Figura 6 podemos ver como han cambiado los patrones sedimentarios a través de los años. En 1936 Punta Uvero contaba con una playa bastante extensa como lo demuestra la Figura 6A, y la desembocadura del Río Herrera estaba completamente cerrada. En la Figura 6B, que corresponde al año 1971 podemos ver cambios significativos en la posición de la playa en Punta Uvero; ésta se ha movido hacia el oeste quedando solamente una pequeña porción. La desembocadura del Río Herrera está abierta y hay erosión en todo el litoral hasta Punta Uvero. En 1977 (Figura 6C) la playa desaparece casi por completo en todo el litoral y la erosión aumenta desde Punta Uvero hasta Río Herrera. Si comparamos las costas de 1936 y 1977 (Figuras 5 y 6) podemos notar un cambio significativo en la forma de la costa como producto de este período de erosión.

Erosión desde 1978 a 1979

En agosto de 1978, cuando iniciamos los perfiles en la estación número 3 (Figura 2), el lugar contaba con una playa no muy extensa con pinos caídos y palmas socavadas, indicativo de que la erosión había estado afectando el lugar desde hacía algún tiempo. De agosto a noviembre (Figura 7A) tuvimos fluctuaciones en los perfiles, causado en algunos casos por la caída de arena del escalón de la playa ("sea scarp") como resultado de la erosión.

A mediados del mes de diciembre de 1978 la costa norte fue azotada por oleajes fuertes muy comunes para este período del año. En la estación número 3 este fuerte oleaje ocasionó la pérdida de alrededor de 6 metros de la playa (Figura 7), teniendo que mover nuestra estación tierra adentro. Durante este período fueron socavadas un sinnúmero de palmas y pinos y a lo largo de todo el trecho entre Punta Uvero y el Río Herrera. La erosión continúa en menor grado hasta fines de febrero de 1979 cuando nuestra nueva estación desaparece ero-

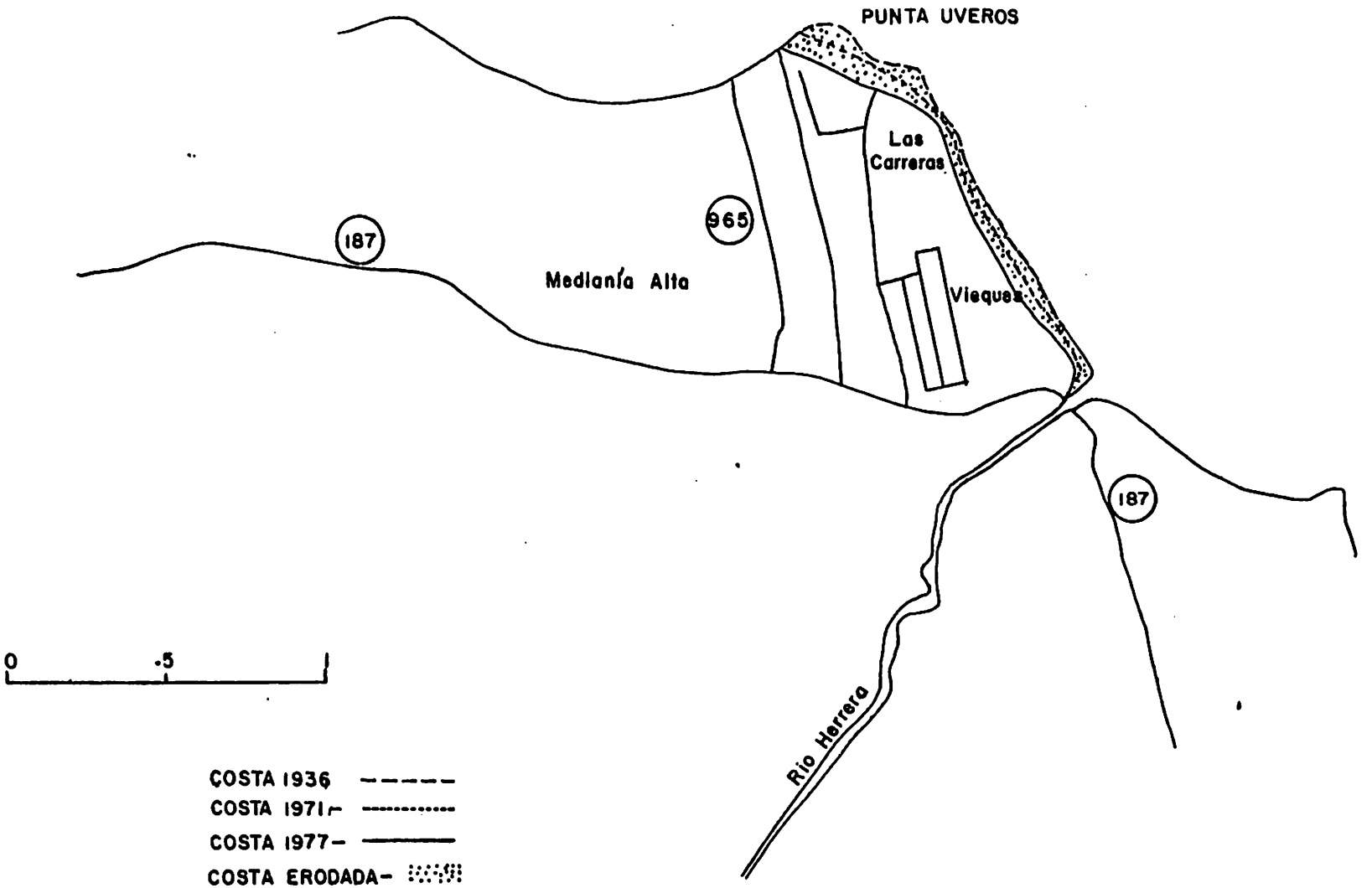


FIG. 5 CAMBIOS EN POSICION DE LA COSTA USANDO FOTOS AEREAS

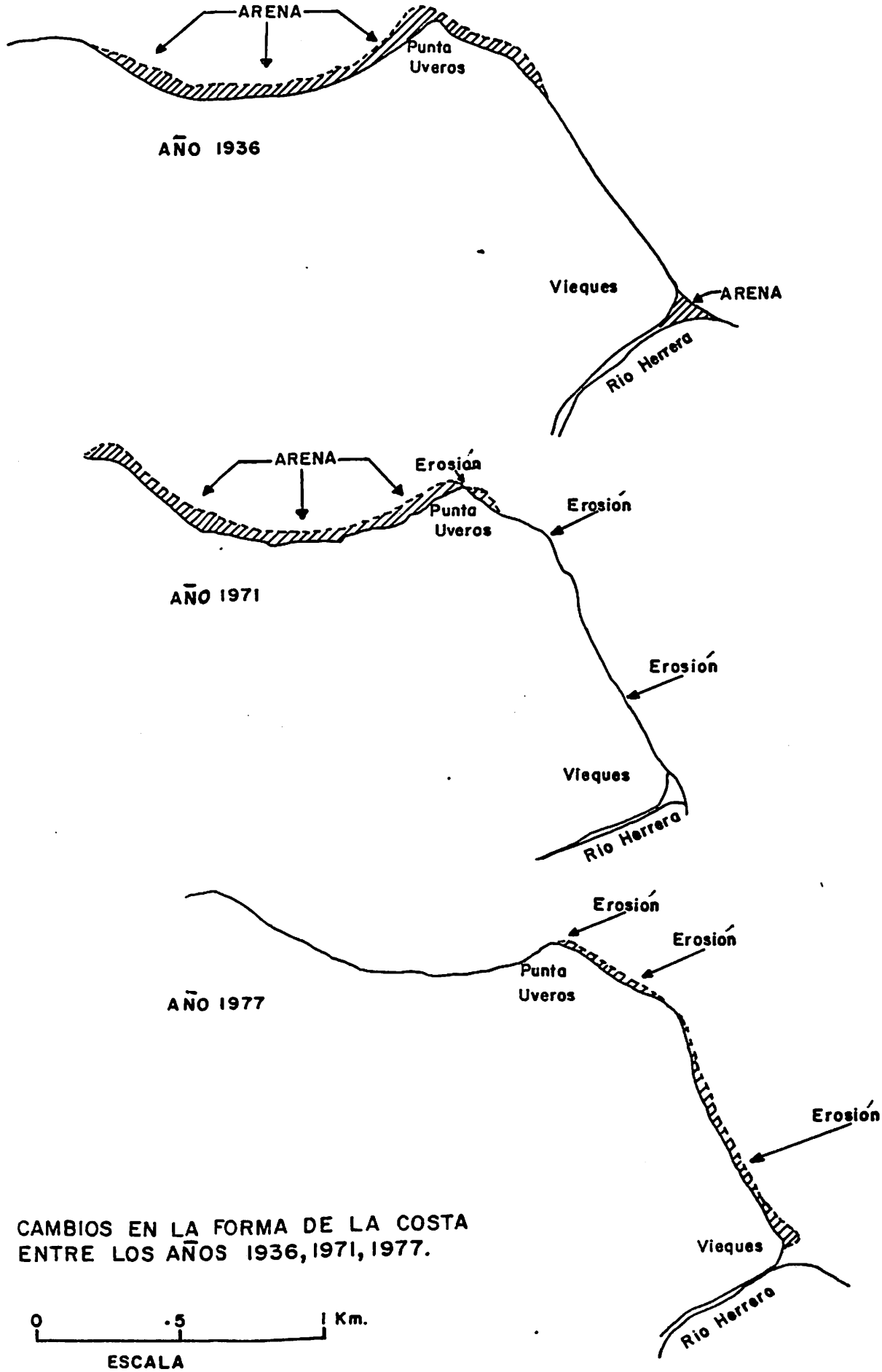


FIG. 6 CAMBIOS EN LA FORMA DE LA COSTA ENTRE LOS AÑOS 1936, 1971, 1977.

FIG. 7 PERFILES PERPENDICULARES A LA PLAYA EN ESTACION # 3

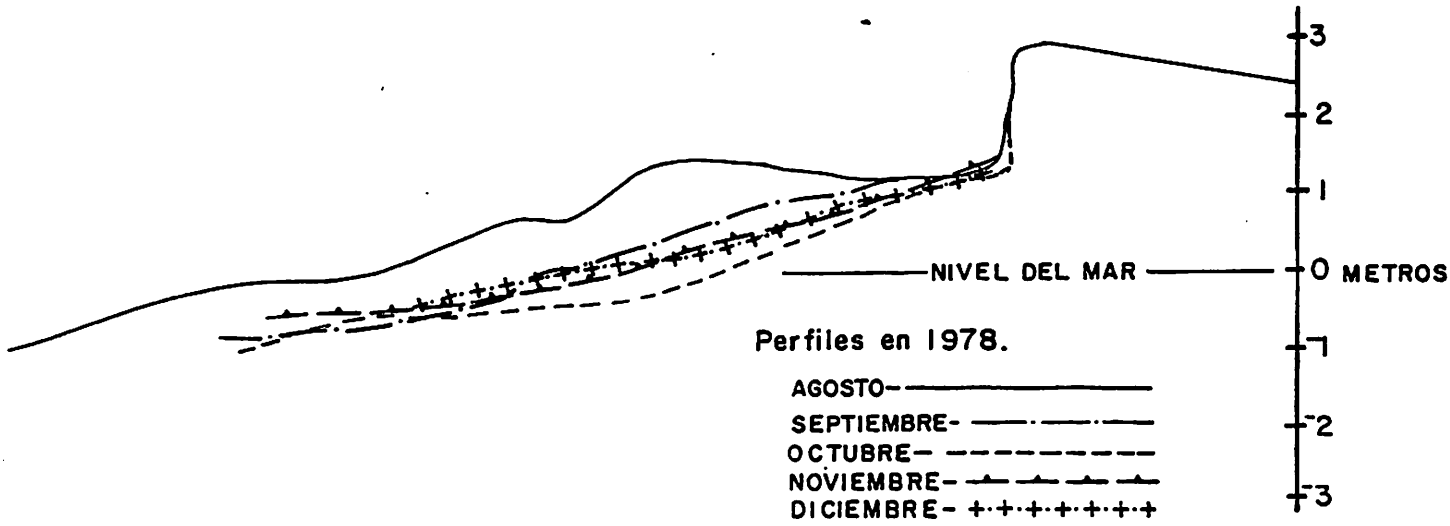
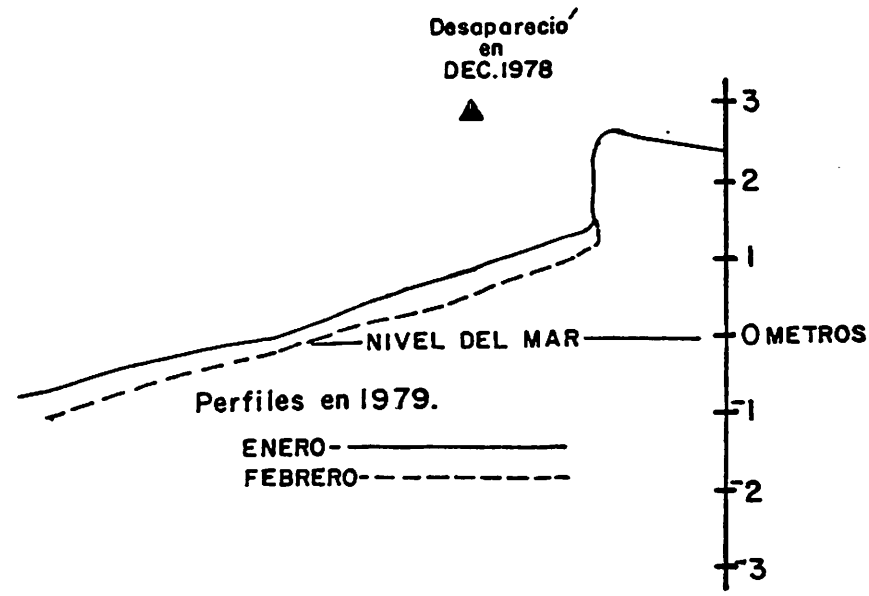


FIG. 7A



ESC. HORIZONTAL 1 CM = 3M.
ESC. VERTICAL 1 CM = 1 M.

FIG. 7B

dándose aproximadamente 1 metro más de playa y teniendo que mover una vez más nuestra estación.

En los meses subsiguientes de marzo, mayo y junio (Figura 8A) la erosión se detiene en el lugar, se empieza a depositar arena nueva y se puede notar una recuperación parcial de la playa. En la Figura 8B se puede notar como durante el período comprendido de julio a diciembre de 1979 continúa la acumulación de arena nueva. Se observó también como el escalón de la playa ("sea scarp") se fué rellenando de casi un metro de altura en febrero de 1979, hasta aproximadamente 50 centímetros en el mes de diciembre de 1979.

A fines del mes de agosto y en los primeros días del mes de septiembre de 1979 la isla fue azotada por dos huracanes: David y Federico. A pesar del fuerte oleaje ocasionado por estos fenómenos tropicales, no causaron daños erosionales significativos en el sector donde se encuentra la estación número 3. Los efectos mayores se pudieron notar en la franja litoral entre Punta Uvero y el Río Herrera.

Mientras en la estación número 3 la erosión disminuía considerablemente, notamos que el litoral entre Punta Uvero y el Río Herrera aumentaba la erosión y establecimos una serie de estaciones para cuantificar el efecto de ésta. En junio de 1979 establecimos las estaciones 7, 8 y 9 (Figura 2) las cuales describimos a continuación.

Durante el período de tiempo de julio a diciembre de 1979 la estación 7 fue la de menos cambios, ocurriendo el más significativo en el mes de diciembre (Figura 9A) donde se produjo un escalón de aproximadamente 30 cm. En el lugar pudimos observar palmas caídas y raíces de palma expuestas como resultado de la erosión en períodos anteriores.

La estación número 8 (Figura 2) la localizamos en un lugar con evidencia erosional de muchos años ya que había gran cantidad de pinos y palmas caídas. Durante los meses de junio y julio de 1979 (Figura 8B) se mantuvo bastante estable. En septiembre se empieza a formar un escalón. En el perfil de octubre podemos ver los efectos de los huracanes David y Federico ya que el escalón es más pronunciado perdiéndose alrededor de 3 metros de playa. Esto ocasionó que un gran número de palmas cayeran al mar, y el camino vecinal que corre paralelo a la costa casi desaparece por completo como resultado del fuerte oleaje. Este período de erosión continúa hasta diciembre, erodándose alrededor de 1 metro más para un total de 4 metros en 3 meses de erosión.

La estación número 9 se estableció en junio de 1979 y podemos notar en la Figura 9B como en el transcurso de dos meses el escalón aumenta de 1 metro a 2 metros como producto de la erosión. En meses subsiguientes el área se mantiene normal sin que ocurra un cambio significativo en el proceso erosional.

FIG.8 PERFILES PERPENDICULARES A LA PLAYA EN ESTACION #3

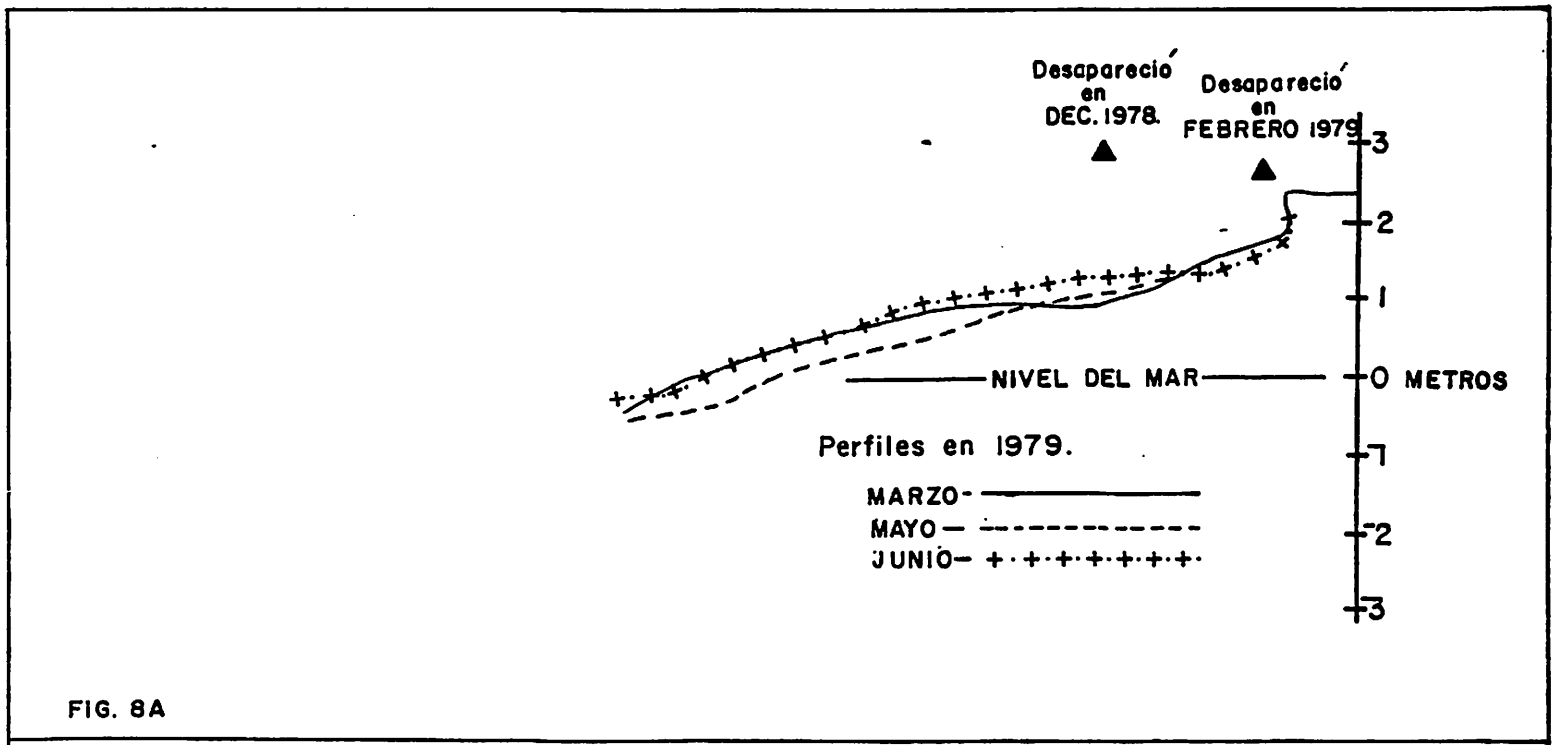


FIG. 8A

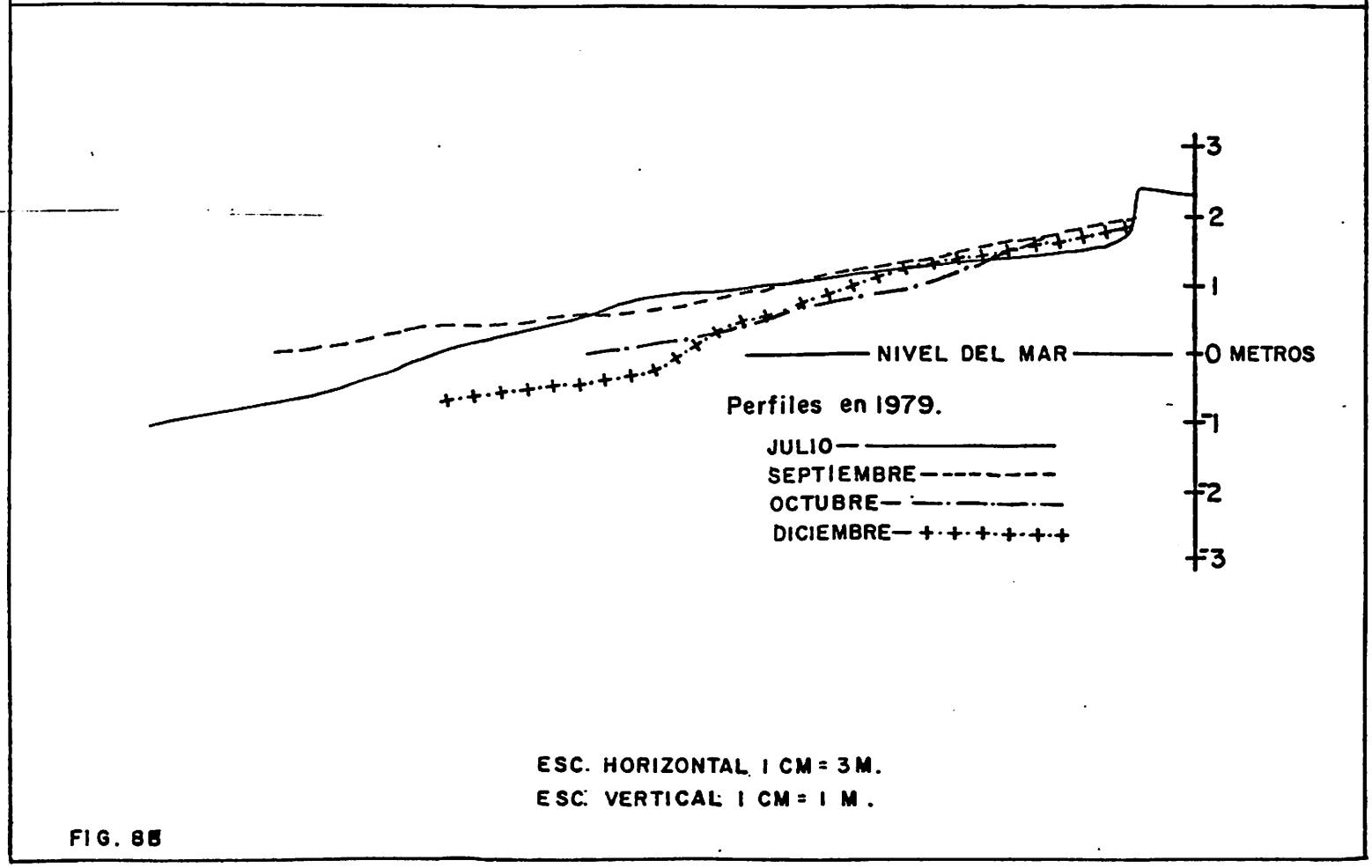
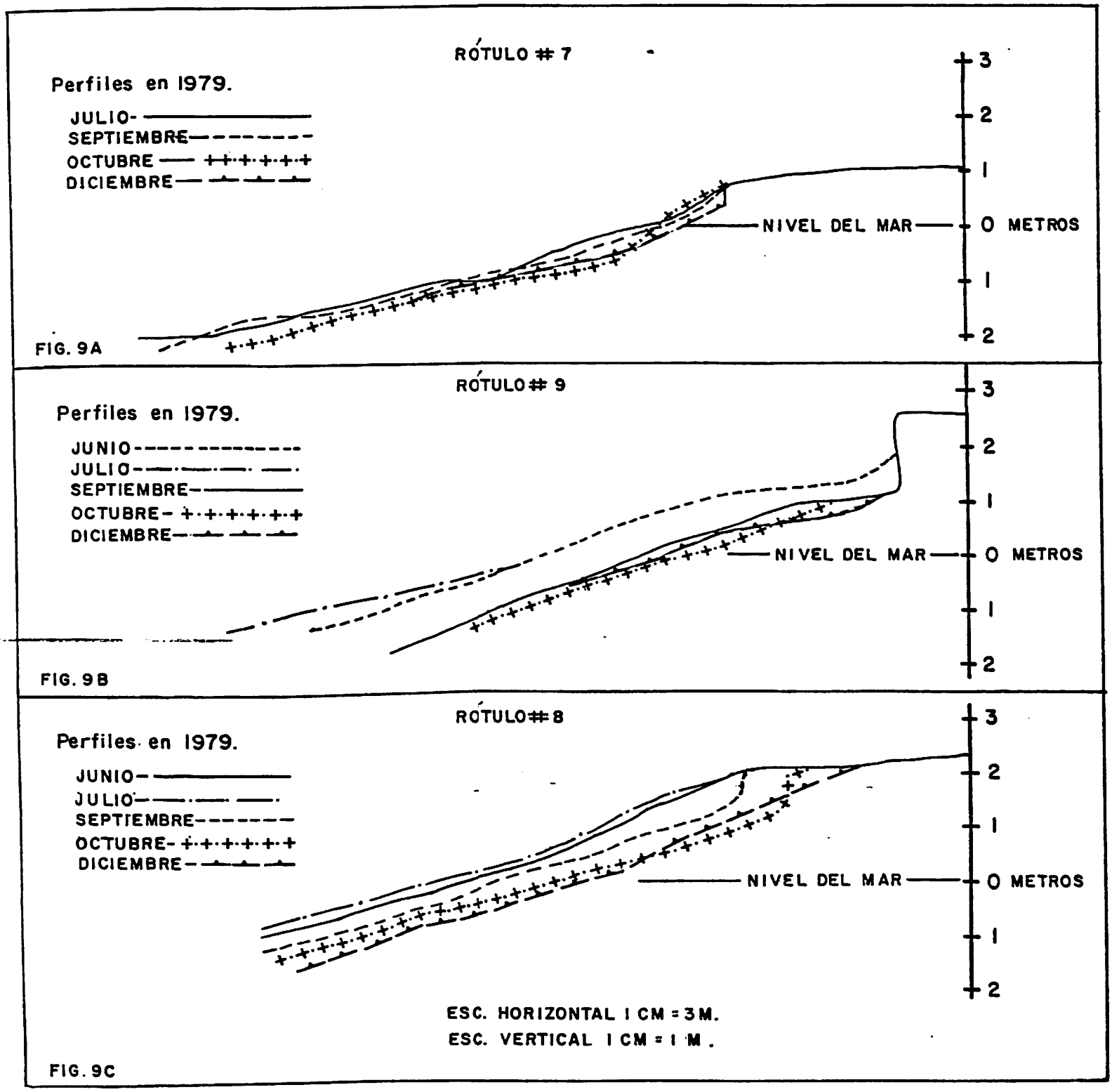


FIG. 8B

FIG.9 PERFILES PERPENDICULARES A LA PLAYA EN LAS ESTACIONES 7,8,9.



Posibles Causas de Erosión en Punta Uvero

Determinar las causas específicas y absolutas de la erosión en Punta Uvero en los últimos 41 años es muy difícil. La información técnica disponible es muy limitada y las fotos aéreas del lugar datan de los años 1936, 1962, 1971 y 1977, existiendo un lapso de tiempo entre ellas de 5 a 26 años, lo que hace sumamente difícil establecer una relación de causa y efecto. Analizando la información disponible se desprende que existen ciertos factores y condiciones que pudieron haber causado esta erosión, los cuales enumeraremos a continuación:

1) Historia Geológica de la Isla

La isla se empezó a formar en el Cretáneo hace aproximadamente 135 millones de años, lo que la convierte en la más joven de las Antillas Mayores. En su proceso de formación estuvo varias veces bajo el nivel del mar, ocurriendo su último hundimiento en el Pleistoceno hace 13 millones de años. Después de este hundimiento la isla se fué levantando lentamente hasta su nivel actual. Kaye (1956) expone en su trabajo que el nivel del mar actual tiene alrededor de 2,000 años. Esto hace nuestras costas muy jóvenes y sujetas a cambios constantes hasta llegar a un equilibrio dinámico. Turner (1956) expone por otro lado que el nivel del mar ha subido en los últimos 100 años. Este aumento progresivo del nivel del mar causa cambios significativos en la costa. Cada vez que sube el nivel del mar, la costa tiene que hacer ajustes para equilibrarse a esa nueva altura, causando entre otras cosas erosión.

2) Disminución en la Cantidad de Arena Disponible Para el Transporte Litoral

La arena que se encuentra en todo el litoral entre el Río Herrera y Punta Uvero se clasifica como una arena de grano fino compuesta mayormente de carbonato de calcio que a su vez proviene de fragmentos de conchas y esqueletos de organismos marinos. La composición restante, un 10% aproximadamente, consiste de cuarzo y otros minerales menores. El gran contenido de carbonato de calcio nos indica que la fuente principal de esta arena proviene de un área con gran productividad orgánica. Si por alguna razón natural o artificial esta productividad disminuye o desaparece, surge una merma en el material disponible para el movimiento y distribución de éste a lo largo de la costa, y por lo tanto, la energía de deposición cambia a una de erosión para satisfacer el balance natural del litoral.

3) Cambios Ocurridos en la Costa Ocasionados por Oleaje Extraordinario y Depresiones Tropicales

Las depresiones tropicales tienen, sin duda alguna, un efecto devastador ya que sus fuertes vientos y crecidas olas destruyen la vegetación protectora de la costa. Durante el

pasado año, la isla se vió afectada por las dos depresiones tropicales David y Federico que afectaron considerablemente la costa sur de la isla derribando casas y cambiando la forma y el tipo de sedimentos depositados en ésta. Pudimos observar el equilibrio frágil en que se encuentran algunas de nuestras costas. Vimos como Punta Iglesia (Figura 2) cambió de una playa con erosión solamente durante algunos meses del año, a una erosión severa donde después de David se han erodado aproximadamente 6 metros. En el sector de Punta Uvero no notamos cambios considerables en la erosión como resultado de estas dos depresiones tropicales.

En el mes de diciembre de 1967 la isla fue azotada por fuertes marejadas que inundaron y destruyeron algunos lugares de la costa norte (Fields, 1972). Punta Uvero no se vió afectada por la inundación causada por este oleaje pero sí tuvo que verse afectada por el oleaje que en algunos casos llegaron hasta una altura de 25 pies. Parte de esas olas fueron disipadas por el crecimiento coralino que se encuentra sumergido frente a la costa (Figura 3). Otras atravesaron los espacios abiertos en este crecimiento, formando un embudo por donde éstas eran proyectadas a ciertos lugares en la costa, y por consiguiente, produciendo erosión.

4) Extracción de Arena para la Construcción en el Lugar

Aunque no contamos con la cantidad de arena extraída en Punta Uvero, sí sabemos que en toda el área de Medianía durante los años 1961-1965 se extrajo grandes cantidades. Personas que trabajaron como celadores de playa nos indicaron que en una ocasión hubo que poner cadenas para proteger la playa y evitar la extracción fuera de horas laborables. Para tener una idea de la magnitud de estas extracciones durante los años 1961-1965 se extrajo en la desembocadura del Río Grande de Loíza la cantidad de 1,027,961 metros cúbicos de arena (Vázquez, 1972).

Si las extracciones que hubo en Medianía fueron similares o mayores a esta cantidad, sin duda alguna tuvieron que afectar el equilibrio natural de transporte y deposición de arena a lo largo del litoral, obligando a ésta a hacer ajustes arrastrando más arena para compensar la extraída, y por consiguiente, causando erosión en los lugares menos estables (ver Figura 6).

Conclusión

Aunque Punta Uvero aparenta estar en estado de equilibrio en estos momentos, no sabemos cuanto tiempo permanecerá así. Por lo tanto, es necesario mantener una vigilancia contínua para observar cualquier cambio que pueda alterar esta estabilidad aparente y convertirla de nuevo a una de erosión severa. Es sumamente necesario planificar el uso de esta área para

evitar daños y pérdidas en propiedad pública y privada.

Agradecimiento

Agradezco a los señores Julio Ortíz, ayudante de campo-Héctor Berríos, asistente de campo y delineante, y al personal del laboratorio de granulometría por su colaboración en este informe.

Referencias

Davis Jr., Richard
Principles of Oceanography

Fields, F. K. and Jordan, D. G.
Storm-wave Swash along North Coast of Puerto Rico.
U. S. Geological Survey Map HA 430

Kaye, Clifford A.
Shoreline and Quaternary Shoreline Changes Puerto Rico.
U. S. Geological Survey Professional Paper 317-B

Morelock, Jack Shoreline of Puerto Rico.
Coastal Zone Management Program, Department of Natural Resources Puerto Rico

Morelock, Jack Beach Erosion (sin publicar)
Apéndices-Beach Erosion and Aerial Photography Measurements

Pease H., Maurice and Briggs, Reginald.
Geologic Map of Río Grande Quadrangle Puerto Rico.
U. S. Geological Survey Map I - 733

Swift, Donald - Duane, David and Pilkey, Orrin.
Shelf Sediment Transport Processand Pattern.
Pages 100-116, 135-142

Turner, Mort D.
Some Geologic Aspects of the Beaches and Beach Erosion in Puerto Rico.
Shore and Beach V24 No. 2

CARACTERIZACION PRELIMINAR DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS DE PUERTO RICO

Peter L. Weaver
Instituto de Dasonomía Tropical

RESUMEN

Más del 40 porciento de Puerto Rico está cubierto por árboles. Del recurso forestal secundario, alrededor de 300,000 ha de Bosque Húmedo Subtropical y 130,000 ha de Bosque Muy Húmedo Subtropical se encontraron apropiados para la producción comercial de madera, usando una Zona de Vida x matriz de tipo de suelo. La célula más grande de la matriz con cobertura forestal, poco más de 95,000 ha, es el Bosque Muy Húmedo Subtropical en suelos profundos arcillosos. En una medición preliminar del cuadrángulo Central La Plata, el cual tiene aproximadamente 9,500 ha en Bosque Muy Húmedo Subtropical en suelos profundos arcillosos, el número de tallos más la regeneración de especies de valor comercial fueron adecuados como para justificar pruebas comprensivas de técnicas silviculturales para estimular el incremento.

A principios del año 1800, alrededor del 75 porciento de Puerto Rico estaba cubierto por bosque. En el 1900 esta cifra había bajado un 25 porciento, y en la década de los 40, alrededor de un 10 porciento, exclusivo de la sombra para café (Picó 1974). Hoy, bosques públicos y privados incluyendo la sombra para café, cubren alrededor del 40 porciento de la isla. Estos terrenos en bosques secundarios podrían ser un recurso valioso para la industria forestal.

La producción comercial de madera puede ser importante en Puerto Rico, pero será afectada por el costo, la viabilidad, y las demandas de igual o mayor prioridad para otros usos de la tierra. La producción de madera es obstaculizada por árboles de tamaño pequeño, por el incremento lento en climas adversos o en suelos no favorables, y por la difícil explotación en terrenos muy inclinados. La competencia por la tierra incluye los usos recreativos (Outdoor Recreation Resources Review Commission 1962; Department of Natural Resources 1976), la protección de las especies de plantas y animales raros y en peligro de extinción (Soil Conservation Service 1973, 1975), la protección de las pendientes cerca de las represas (Bogart et al. 1964) y la necesidad de terreno para la agricultura y la expansión urbana.

Los Objetivos de la Caracterización

Las razones para esta investigación son:

1) Identificar las áreas en Puerto Rico donde la perspectiva para la producción comercial de madera promete más éxito.

2) Conducir un inventario preliminar en el campo para determinar la composición de las especies, la densidad y el área basal del bosque secundario en un área representativa, el cuadrángulo de la Central La Plata en la Cordillera Central.

METODOS

Procedimiento de la Oficina

Nosotros desarrollamos una serie de mapas transparentes ("overlays") para excluir tierras menos satisfactorias para la producción comercial de madera en Puerto Rico. Las áreas excluidas eran:

1) Pendientes $\geqslant$ 60 porciento para la protección del suelo.

2) El Bosque Seco Subtropical donde el crecimiento de árboles es demasiado lento para la producción comercial.

3) Los terrenos que reciben $\geqslant$ 2,500 mm/año de precipitación como zonas críticas de fuentes de agua.

4) Las tierras consideradas no adecuadas para la producción comercial de madera, incluyendo los suelos aluviales agrícolas, las zonas urbanas, las fajas alrededor de las ciudades, los mangles y pantanos.

5) El Bosque Federal y los del Estado Libre Asociado son áreas consideradas más apropiadas para usos recreativos y para la protección de cuencas hidrográficas y de la fauna. Las áreas restantes se clasificaron en una Zona de Vida (Bosque Húmedo y Muy Húmedo Subtropical) y matriz por tipo de suelo (arcilla profunda, arcilla poco profunda, piedra caliza y "sandy clay loam") (Ewel and Whitmore 1973 ; Zambrana 1978). La distribución del bosque natural y de sombra para café fué determinado para cada célula.

El cuadrángulo Central La Plata fué escogido para muestreo de campo porque contenía el área más grande de Bosque Muy Húmedo Subtropical en suelos profundos arcillosos.

Mediciones en el Campo

Un cuadriculado numerado ("grid") con 16 cuadrillas fue superimpuesto en el cuadrángulo. En cada cuadrilla se escogieron al azar puntos de partida de líneas de muestra perpendiculares a la topografía. Cada línea de muestra tenía de 0 a 4 rodales de muestras, dependiendo del porcentaje de cobertura forestal dentro de la cuadrilla--0 rodales para < 20 porciento, y hasta 4 rodales para 80-100 porciento de cobertura forestal. Los rodales fueron separados por 100 m, y consistían de 2 puntos del prisma separados por 30 m y perpendiculares a la línea de muestra. En cada punto del prisma, el área basal fué estimada; cada árbol interceptado por el prisma fue registrado por la especie y el diámetro al DAP. Toda la regeneración de 2.5-10 cm al DAP en un círculo de 0.004-ha en el área circular concéntrica con el punto del prisma fué registrada por especie.

La Norma

Desarrollamos una norma de 250 árboles/ha para especies comerciales para evaluar la densidad de la regeneración. Se asumió que 90 árboles/ha de 60 cm al DAP constituyeron el rodal normal para cortar a la rotación del bosque en cualquier lugar (Dawkins). A causa de la posibilidad de mortalidad y entresacas, se consideró un rodal de densidad adecuado si tenía por lo menos 250 tallos/ha al momento de hacer la medida.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Clasificación de Terrenos Forestales en Puerto Rico

El inventario del recurso forestal que fue llevado a cabo por el Departamento de Recursos Naturales en 1972 demostró que el 40 porciento de la isla estaba cubierta por árboles (Tabla 1). La categoría más grande que se clasificó en el reconocimiento forestal era bosque inmaduro de capa nivelada el cual constituyó alrededor de la mitad del total, o sea, el 20 porciento de la isla.

De un total de alrededor de 890,000 ha en Puerto Rico, un poco más de 460,000 ha se consideraron no apropiadas para la producción comercial forestal a causa de condiciones no favorables o usos de mayor prioridad (Tabla 2), quedando alrededor de 428,000 ha (Tabla 3). La célula del Bosque Muy Húmedo Subtropical en suelo profundo arcilloso de la matriz es la más grande, con aproximadamente 70,000 ha en bosque natural y sombra para café. El Bosque Húmedo Subtropical en arcillas poco profundas tiene más de 38,000 ha, la mayoría en bosque natural, y el Bosque Húmedo Subtropical en piedra de caliza, más de 32,000 ha, la mayoría también en bosque natural. Las categorías que quedan componen menos del 1 porciento del área de Puerto Rico (Tabla 3).

Tabla 1: Clasificación de los terrenos cubiertos por bosque en Puerto Rico, según el inventario conducido por el Departamento de Recursos Naturales (DRN) en 1972.

Clasificación de bosque por el DRN	Area	
	(ha)	(%)
Maduro, estratificado	68,986	7.7
Inmaduro, con copa nivelada	178,671	20.1
Achaparrado seco	8,416	0.9
SUBTOTAL BOSQUE PRIVADO	256,073	28.8
Café cultivado y sombra para café	73,359	8.2
Bosque público	34,392	3.9
TOTAL: TERRENO CON COBERTURA FORESTAL	363,824	40.9
RESTO: TERRENO SIN COBERTURA FORESTAL	526,516	59.1
TOTAL: TERRENO EN PUERTO RICO	890,340	100.0

1/ La interpretación de las fotos aéreas reconoció tres tipos estructurales dentro de la categoría de bosques particulares, divisiones con el intento de reflejar etapas distintas en el desarrollo de la copa.

Tabla 2: Areas eliminadas en la investigación preliminar a causa de condiciones no favorables o por usos de más prioridad.

Uso o condición	Area eliminada		% de Puerto Rico
	(ha)	(%)	
Zona de Vida Subtropical Seco	121,530	26	14
Excesivamente húmedo (más de 2,500mm/año lluvia)	51,540	11	6
Excesivamente inclinado (más de 60% pendiente)	57,800	13	6
Suelos no apropiados	92,170	20	10
Aluvial y metropolitano	75,990	16	9
Mangle y pantano	7,490	2	1
Bosques públicos	8,240	2	1
SUBTOTAL	414,760	90	47
Isla de Puerto Rico no contiguo	47,170	10	5
TOTAL	461,930	100	52

Tabla 3: Areas propias para la producción de madera según la matriz de Zona de Vida por tipo de suelo.

Tipo de suelo	Bosque Natural	Sombra para Café	Sin-Bosque	Total Terreno apropiado	% de terreno apropiado con cobertura forestal 1/ por tipo de suelo dentro de la Zona de Vida	Por Zona de Vida	para la isla entera
	ha						
BOSQUE HUMEDO SUBTROPICAL							
Arcillas profundas	13,000	3,800	51,400	68,200	25	6	2
Arcillas poco profundas	32,400	6,100	77,400	115,900	33	13	4
Piedra de caliza	32,300	100	48,000	80,400	40	11	4
"Sandy Clay Loam"	10,800	400	21,900	33,100	34	4	1
SUBTOTAL	88,500	10,400	198,700	297,600	--	34	11
BOSQUE MUY HUMEDO SUBTROPICAL							
Arcillas profundas	30,900	39,100	25,400	95,400	73	54	8
Arcilla poco profunda	6,900	5,100	6,900	18,900	64	9	1
Piedra de caliza	2,900	100	1,500	4,500	65	2	<1
"Sandy Clay Loam"	5,100	2,600	4,300	12,000	64	6	1
SUBTOTAL	45,800	46,900	38,100	138,800	--	71	10
TOTAL	134,300	57,300	236,800	428,400	--	--	21

1/ Cubierta forestal = bosque natural + sombra para café.

La cobertura forestal está concentrada en la Cordillera Central (Figura 1), principalmente en los cuadrángulos de Rosario, Utuado, Central La Plata, Florida, Adjuntas y Bayaney, y en la Sierra de Cayey incluyendo los cuadrángulos de Cayey, Yabucoa y Patillas (Figura 2). Otros cuadrángulos contienen menos de 5,000 ha, o sea, menos de 30 porciento del cuadrángulo en cubertura forestal. Terrenos forestales frecuentemente se encuentran a lo largo de las orillas de ríos y quebradas y usualmente abarcan menos de 100 ha.

Inventario Preliminar en el Cuadrángulo Central La Plata

El cuadrángulo Central La Plata, localizado en la parte oeste de la Cordillera Central (Figura 2), tiene 9,460 ha de cobertura forestal, incluyendo 5,785 ha de bosque natural y 3,215 ha de sombra para café. Ya que más del 95 porciento del área está en la celúla del Bosque Muy Húmedo en suelo profundo arcilloso, este es el punto más práctico para empezar el inventario preliminar.

Se escogieron 20 rodales dentro del bosque natural, y 12 dentro de la sombra para café utilizando la técnica descrita en la sección sobre métodos. Se midieron 523 árboles los cuales rindieron un área basal de 17 m^2/ha (78 pies ^{2}/acre). Más de 7 m^2/ha (30 pies ^{2}/acre), o sea 40 porciento, pertenecieron a especies utilizadas previamente en la agricultura: guamá, guabá, guaraguao, mangó, pomarrosa, bucayo, Citrus spp, mamey, pana, aguacate y café. El área basal restante pertenecía a la regeneración natural en fincas abandonadas.

En todas las clases de diámetro $\geq$11.3 cm, se encontraron alrededor de 40 tallos/ha de especies propias para ebanistería y madera de aserradero, y 180 tallos/ha de especies valiosas para trabajo en detalle, rindiendo alrededor de 220 tallos/ha con potencial comercial (Tabla 4). La regeneración sola rindió alrededor de 80 tallos/ha de especies para ebanistería y alrededor de 220 tallos/ha de especies valiosas para trabajo en detalle (Tabla 5). Se encontraron 30 tallos/ha de especies para ebanistería y alrededor de 150 tallos/ha de especies valiosas para trabajo en detalle en las clases de diámetro entre 10-25 cm, las que son más fáciles para estimular para silvicultura.

Cuando se comparan las densidades de las especies igual o mayor que 11.3 cm (Tabla 4) con la norma designada como apropiada para manejo, el Bosque Muy Húmedo Subtropical en Central La Plata tiene casi el 90 porciento del requisito. La regeneración por sí misma de especies comerciales (Tabla 5) excede el requisito por un 20 porciento.

Debido a que la densidad de tallos comerciales conjunto con la regeneración se han probado como adecuados, estudios silviculturales más comprensivos en Central La Plata están jus-

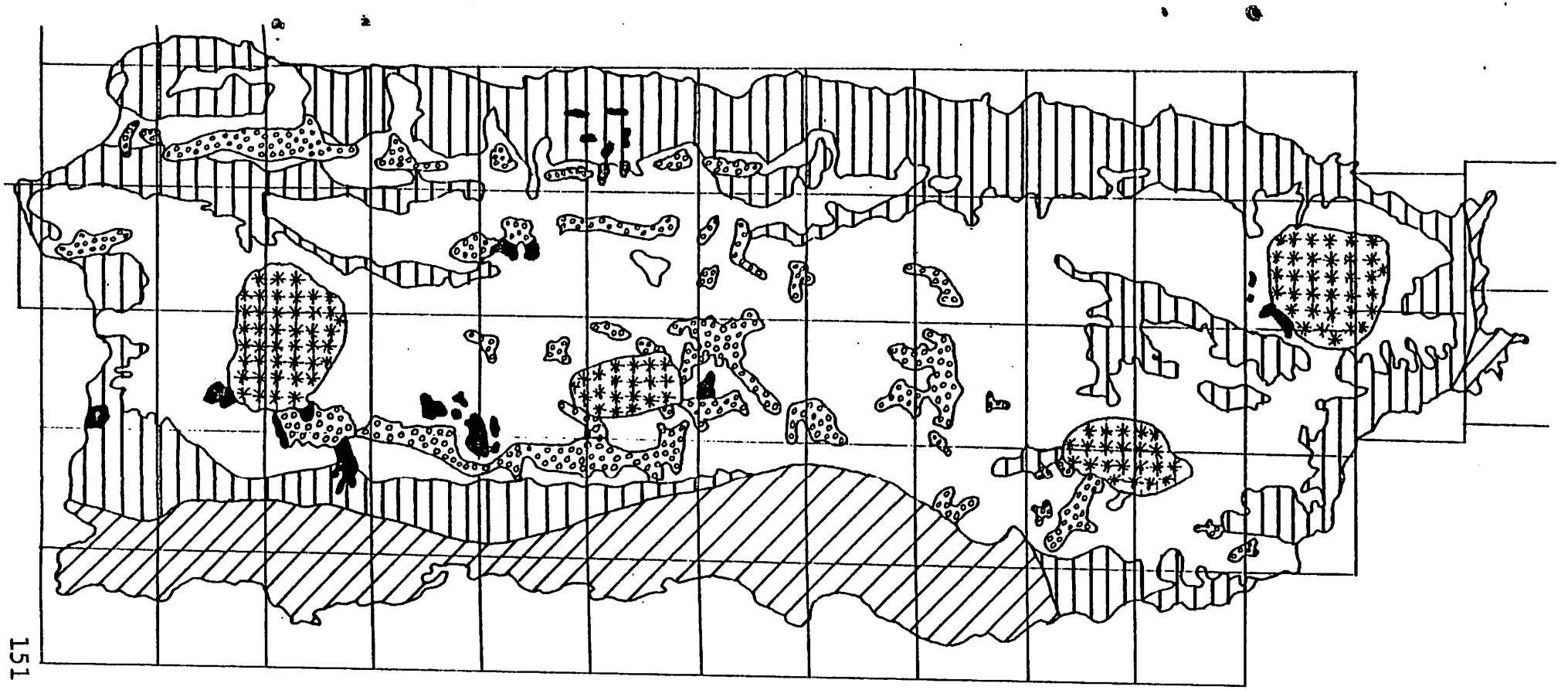


Figura 1: Tierras con potencial para el manejo forestal después de remover las áreas con usos de más prioridad o con condiciones no favorables (refiérese a Tabla 2).

LEGEND

Zona de Vida Subtropical Seco	
Excesivamente húmedo (≥ 2500 mm/año lluvia)	
Excesivamente inclinado (≥ 60% pendiente)	
Suelos inadecuados o usos de más prioridad 1/	
Bosques públicos	
Tierras con potencial forestal comercial	

1/ Usos de más prioridad = Terrenos aluviales y metropolitanos + mangle y pantano.

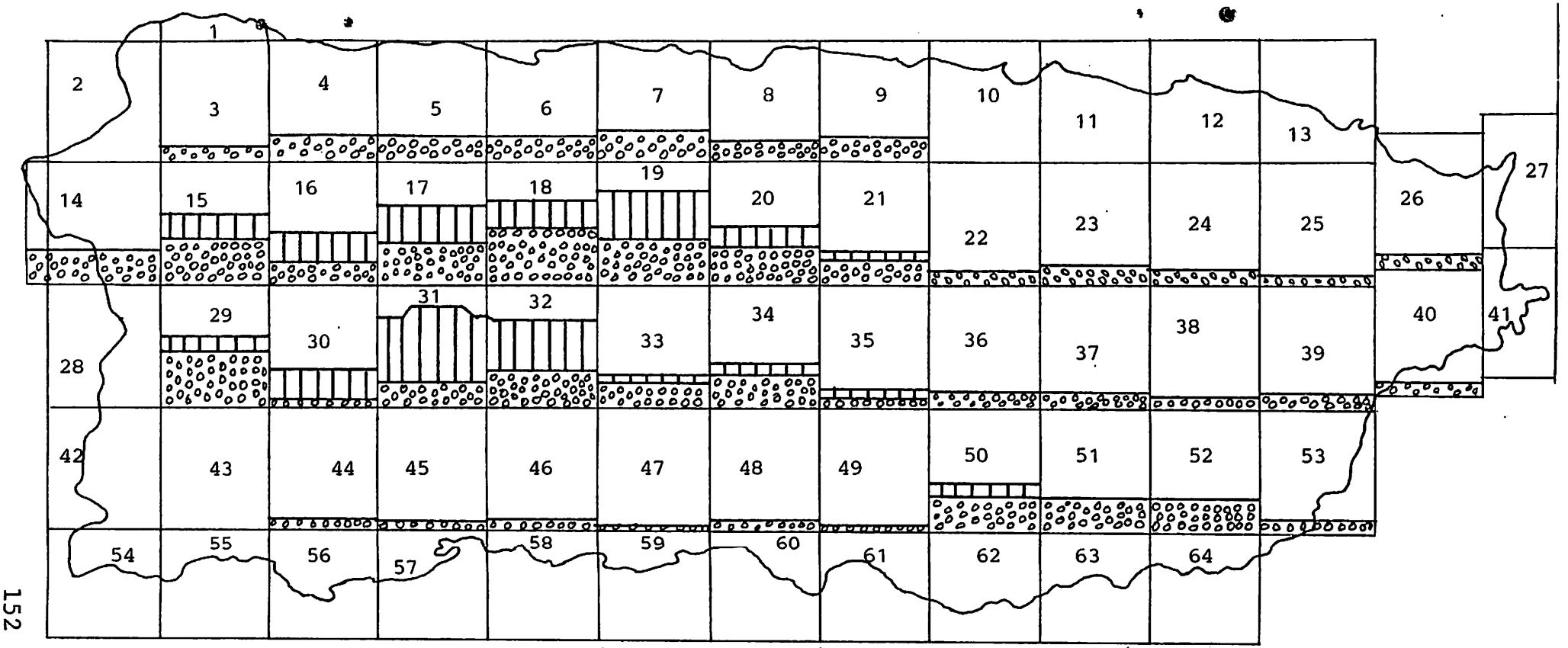


Figura 2: Porcentaje de cobertura forestal (puntos) y sombra para café (líneas verticales) en Bosque Húmedo Subtropical o Bosque Muy Húmedo Subtropical por cuadrángulo del USGS, asumiendo que el área del cuadrángulo es 100 porciento. El número en el margen superior izquierdo es para la clave:

1.	ISABELA	17.	BAYANEY	33.	JAYUYA	49.	COAMO
2.	AGUADILLA	18.	UTUADO	34.	OROCOVIS	50.	CAYEY
3.	MOCA	19.	FLORIDA	35.	BARRANQUITAS	51.	PATILLAS
4.	QUEBRADILLA	20.	CIALES	36.	COMERIO	52.	YABUCOA
5.	CAMUY	21.	COROZAL	37.	CAGUAS	53.	PUNTA GUAYANES
6.	ARECIBO	22.	NARANJITO	38.	JUNCOS	54.	CABO ROJO
7.	BARCELONETA	23.	AGUAS BUENAS	39.	HUMACAO	55.	PARGUERA
8.	MANATI	24.	GURABO	40.	NAGUABO	56.	GUANICA
9.	VEGA ALTA	25.	EL YUNQUE	41.	PUNTA PUERCA	57.	PUNTA VERRACO
10.	BAYAMON	26.	FAJARDO	42.	PUERTO REAL	58.	PUNTA CUCHARA
11.	SAN JUAN	27.	CAYO ICACOS	43.	SAN GERMAN	59.	PLAYA DE PONCE
12.	CAROLINA	28.	MAYAGUEZ	44.	SABANA GRANDE	60.	SANTA ISABEL
13.	RIO GRANDE	29.	ROSARIO	45.	YAUCO	61.	SALINAS
14.	RINCON	30.	MARICAO	46.	PEÑUELAS	62.	CENTRAL AGUIRRE
15.	CENTRAL LA PLATA	31.	MONTE GUILARTE	47.	PONCE	63.	GUAYAMA
16.	SAN SEBASTIAN	32.	ADJUNTAS	48.	DESCALABRADO	64.	PUNTA TUNA

Tabla 4: Clasificación de especies comerciales por clases de diámetro en el Bosque Muy Húmedo Subtropical de Central La PLata.

Clase de Madera 1/	Tallos por clase de diámetro (cm)2/					
	11.3-16.2	16.3-21.2	21.3-26.2	26.3-31.2	31.3	TOTAL
Maderas para aserrar y ebanistería	10	8	10	5	5	38
Madera para trabajo en detalle	60	42	42	15	20	179
TOTAL	70	50	52	20	25	217

1/ Definiciones de las clases de madera: (a) madera para aserrar + madera para ebanistería, madera valiosa 60 cm al D.A.P. y (b) maderas valiosas para trabajo en detalle, maderas de medidas más pequeñas, 25-50 cm al D.A.P. (Little y Wadsworth 1964; Little, Woodbury y Wadsworth 1974; Longwood 1961).

2/ Datos derivados de rodales del prisma.

Tabla 5: La regeneración de especies comerciales en el Bosque Muy Húmedo Subtropical del cuadrángulo Central La Plata.

Clase de Madera 1/	Tallos por clase de diámetro (cm)2/				
	2.5-3.7	3.8-6.2	6.3-8.7	8.8-11.2	TOTAL
Maderas para aserrar y ebanistería	30	28	12	10	80
Madera para trabajos en detalle	108	75	32	5	220
TOTAL	138	103	44	15	300

1/ Los mismos que Tabla 4.

2/ Datos derivados de un rodal de .004 ha concéntrico con el rodal del prisma.

tificados. Es probable que investigaciones en otros cuadrángulos rendirían datos similares. Los estudios comprensivos silviculturales deben incluir el establecimiento de rodales permanentes en los cuales se determinan el incremento del diámetro y del volumen, permitiendo comparaciones de incremento por la Zona de Vida (Bosque Húmedo Subtropical vs. Bosque Muy Húmedo Subtropical), por los tipos de suelos (arcillas profundas, arcillas poco profundas, piedra caliza y "sandy clay loams"), por topografía (tierra bajas, pendientes y cumbres) y la elevación, así como combinaciones de estas mismas variables. Los objetivos de estos estudios serán la prueba de entresacas para estimular incremento y el desarrollo de estrategias de manejo para tierras con potencial comercial en Puerto Rico (Tabla 3). En los sitios buenos con una densidad adecuada, entresacas para mejorar la composición de especies y el incremento serían deseables. En los sitios buenos con una densidad no adecuada, opciones como el establecimiento de plantaciones con especies valiosas de incremento rápido, o siembras de enriquecimiento, serían apropiadas. En sitios pobres con una densidad baja de especies valiosas, sería preferible posponer las actividades forestales.

Literatura Citada

Bogart, D. B., T. Arnow and J. W. Crooks. 1964. Water Resources of Puerto Rico - A Progress Report. U.S.G.S. San Juan, Puerto Rico. p. 102.

Dawkins, H. C. 1958. The Management of Natural Tropical High-Forest with special Reference to Uganda. Imperial Forestry Institute Paper No. 34. Oxford, England. p. 155.

Department of Natural Resources. 1976. The Master for the Commonwealth Forests of Puerto Rico. (Area of Planning and Evaluation). Puerta de Tierra, Puerto Rico.

Ewel, J. J., and J. L. Whitmore. 1973. The Ecological Life Zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands Forest Service Research Paper ITF-18. Río Piedras, Puerto Rico. p. 72.

Little, E. L., Jr. and F. H. Wadsworth. 1964. Common Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agriculture Handbook No. 249. USDA Forest Service. Washington, D. C. p. 548.

Little, E. L., Jr. R. O. Woodbury, and F. H. Wadsworth. 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands Second Volume. Agriculture Handbook No. 449. USDA Forest Service. Washington, D. C. p. 1024.

Longwood, F. R. 1961. Puerto Rican Woods: Their Machining, Seasoning and Related Characteristics. Agriculture Handbook No. 205. USDA Forest Service. Washington, D. C. p.98.

Outdoor Recreation Resources Review Commission. 1962. Outdoor Recreation for America. U.S. Government Printing Office. Washington, D. C.

Pico, R. 1974. The Geography of Puerto Rico. Aldine Publishing Company. Chicago, Illinois. p. 439.

Soil Conservation Service. 1973. Rare and Endangered Animal Species of Puerto Rico. U.S. Department of Agriculture Committee Report in cooperation with the Department of Natural Resources of the Commonwealth of Puerto Rico. p.70.

Soil Conservation Service. 1975. Rare and Endangered Plants of Puerto Rico. U.S. Department of Agriculture Committee Report in cooperation with the Department of Natural Resources of the Commonwealth of Puerto Rico. p.85.

Zambrana, J. 1978. Asociaciones de suelos de Puerto Rico y su potencial para la siembra de árboles. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, División de Dasonomía, Apartado AQ, Río Piedras, Puerto Rico..

RECONOCIMIENTOS

Estoy agradecido al Sr. Ralph Schmidt quien compiló mucha de la información y asistió en el trabajo del campo, y al Sr. Carlos Rivera quien ayudó con la colección de los datos y presentó el informe en el simpósio en 1979.

FOTODESTRUCCION DE FREONES Y OTROS COMPUESTOS POLIHALOGENADOS ADSORBIDOS EN SILICE COMO UN POSIBLE LUGAR DE DESTRUCCION DE ESTOS CONTAMINANTES

Odette Fussá y Rafael Arce
Departamento de Química
Universidad de Puerto Rico

RESUMEN

Los freones y otros compuestos orgánicos polihalogenados utilizados en aerosoles del hogar, refrigerantes o como disolventes industriales pueden ser fotodisociados en las capas superiores de la atmósfera. Esta fotodisociación produce átomos de cloruro o bromo que pueden reaccionar fácilmente con el ozono de la estratósfera, resultando en la destrucción gradual de esta capa, la cual nos protege de los rayos ultravioletas. Una serie de posibles lugares de destrucción de estos contaminantes en la tropósfera han sido propuestos. Entre éstos, existe la posibilidad de fotodestrucción heterogénea de estos compuestos mientras están adsorbidos en partículas y con longitudes de onda mayores de 300 nm. Estas longitudes de onda no son adsorbidas por estos compuestos en la fase gaseosa y/o en solución. En este estudio tenemos como objetivo principal determinar la posibilidad de la fotodestrucción de estos compuestos polihalogenados mientras están adsorbidos en sílice y determinar el mecanismo a través del cual ocurre este proceso. Se han llevado a cabo estudios utilizando vapores de CCl_4, $CHCl_3$, CH_2Cl_2 adsorbidos en sílice que señalan que estos compuestos pueden ser fotodestruidos con fotones de longitud de onda mayor de 300 nm. Usando la técnica de resonancia spín electrón hemos detectado la presencia de radicales como fotoproductos de la fotólisis heterogénea a 77K.

Introducción

En los últimos cinco años se ha debatido e investigado intensamente, a nivel mundial, la posibilidad de que contaminantes orgánicos polihalogenados puedan perturbar y afectar los procesos químicos que ocurren en la atmósfera. A este debate se le conoce como la gran controversia de los freones.

Los freones, particularmente CCl_3F (F-11) y CF_2Cl_2 (F-12), y otros compuestos polihalogenados de carbono, debido a su poca reactividad y carácter inerte e inofensivo, han sido usados como propulsores de aerosoles, refrigerantes de neveras y aires acondicionados y como solventes industriales. En estos últimos años se ha postulado que éstos tienen un efecto destructivo sobre la concentración de ozono existente en la estratósfera.

En 1974, Rowland y Molina y otros investigadores presentaron cálculos, modelos de computadoras y datos experimentales que señalan la posibilidad de que los cloroflorocarburos sean una amenaza a la integridad de la capa de ozono. Esta capa rodea el planeta a una altura de 25 km sobre su superficie (Figura 1). El ozono se forma en la estratósfera, capa que es estable, sin nubes y de circulación vertical lenta, a través del siguiente proceso (Figura 2):

$$O_2 + h \quad + \longrightarrow \quad O + O$$
$$2\ (O + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M)$$
$$\text{neto} \quad 3O_2 \longrightarrow O_3$$

Este proceso ocurre predominantemente a alturas de 30 km donde la radiación solar ultravioleta con longitudes de onda menores de 242 nm disocia lentamente el oxígeno molecular. Los átomos de oxígeno reaccionan con moléculas de oxígeno para formar el ozono en presencia de un tercer cuerpo. En este proceso, la luz solar ultravioleta se convierte en calor. En la estratósfera esta reacción de formación se encuentra en equilibrio dinámico con la destrucción de ozono a través de absorción de radiación ultravioleta en la región de longitudes de onda de 240 a 320 nm.: $O_3 + h\nu \longrightarrow O_2 + O$. Es esta absorción la que protege la superficie del planeta de la radiación solar ultravioleta. Esta fotólisis de ozono no constituye un mecanismo de destrucción real debido a que los átomos de oxígeno que resultan de la fotodisociación se combinan rápidamente con moléculas de oxígeno para reformar el ozono.

En la naturaleza existen varios mecanismos de destrucción del ozono entre los cuales podemos mencionar (Figura 3):

a) su reacción directa con átomos de oxígeno:

$$O_3 + O \longrightarrow O_2 + O_2$$

b) la reacción en cadena catalizada por especies reactivas que contienen hidrógeno como: HO, HO_2, H·

$$O + O_2H \longrightarrow OH + O_2$$
$$OH + O_3 \longrightarrow HO_2 + O_2$$
$$\text{neto} \quad O + O_3 \longrightarrow O_2 + O_2$$

c) reacción en cadena catalizada por óxido y bióxido de nitrógeno:

$$O + NO_2 \longrightarrow NO + O_2$$
$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$
$$\text{neto} \quad O + O_3 \longrightarrow O_2 + O_2$$

FIGURA 1

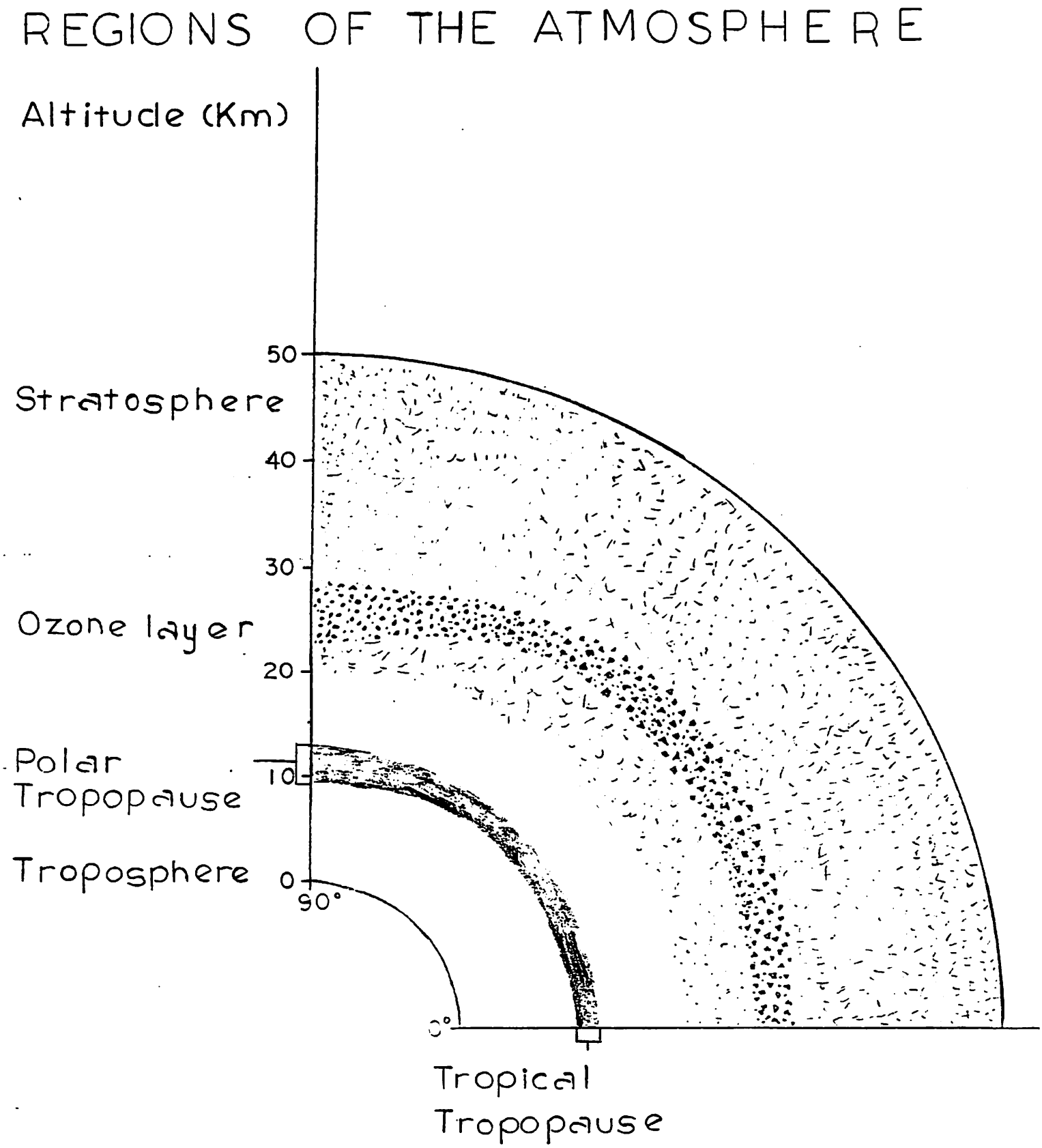


Diagram from: Hanst, P. L., Chemistry, 51:1(1978)

Todos estos procesos mantienen una concentración estacionaria de ozono en la estratósfera de alrededor de unas pocas partes por millón, pero aún esta pequeña concentración de ozono absorbe virtualmente todos los rayos ultravioletas solares dañinos a los seres vivientes.

Estos procesos naturales pueden ser afectados por la actividad del hombre, ya que a estos equilibrios el hombre puede inyectarle especies que perturban los mismos en la estratósfera. Un ejemplo de ésto son los freones y demás especies polihalogenados. Estos compuestos, al ser relativamente inertes relativo a reacciones en la superficie y la tropósfera, se van difundiendo lentamente a capas superiores acumulándose lentamente en la estratósfera en concentraciones de 1 a 10 partes en 10^9 (Figura 4). A estas alturas los polihalogenados son fotodisociados por la luz solar ultravioleta de longitudes de onda menor de 200 nm. Longitudes de onda de esta magnitud fotodisocian estas moléculas, rompiéndose el enlace carbonocloro que es el más débil. El átomo de cloro puede entrar en un ciclo caralítico destructivo con el ozono representado por:

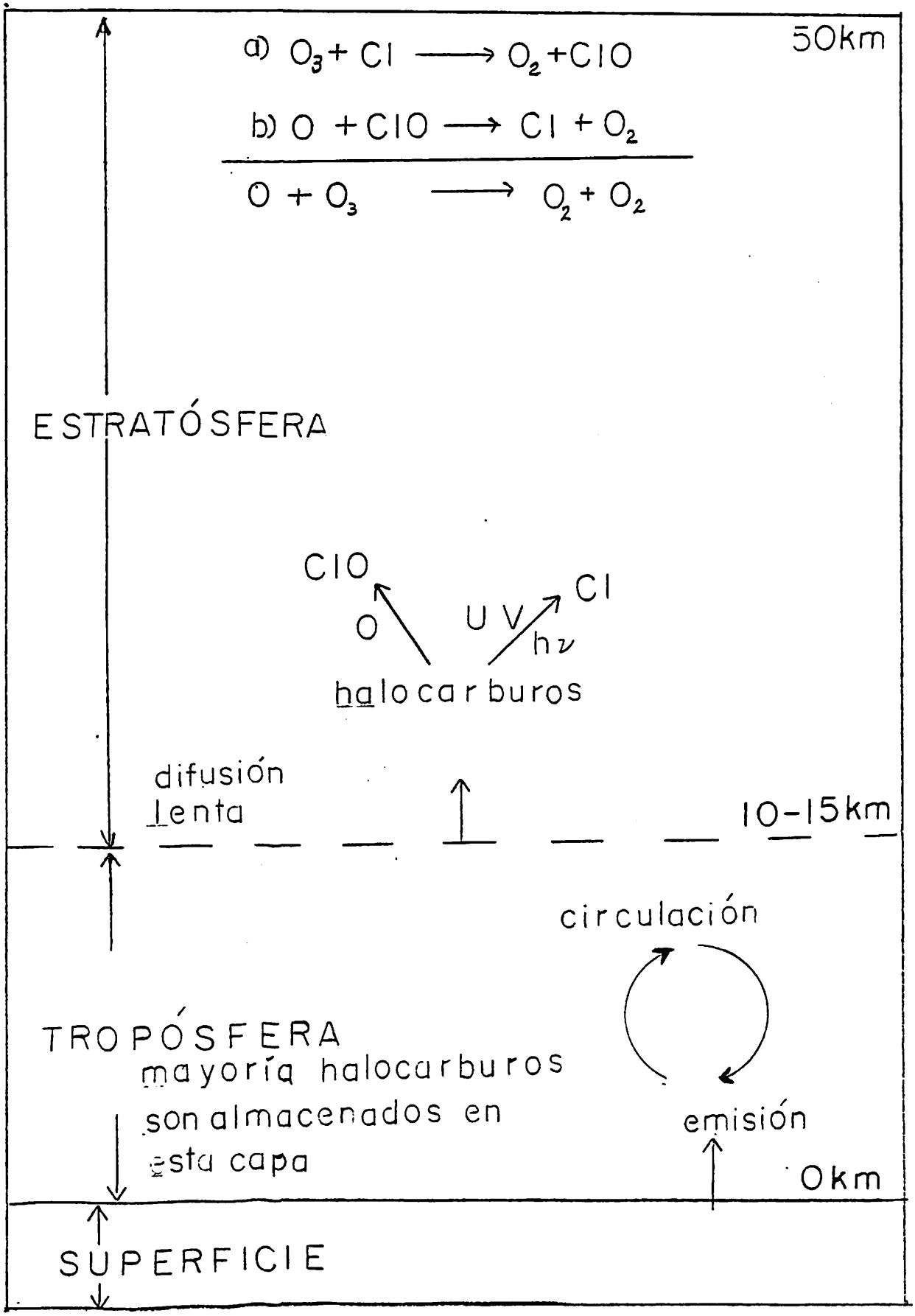
$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

$$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$$

$$\text{neto } O + O_3 \longrightarrow O_2 + O_2$$

En este mecanismo de reacción en cadena consideramos las especies Cl y ClO como agentes catalíticos, ya que no son usados en la reacción y son regenerados, lo cual implica que podrían reaccionar con ozono una y otra vez. En teoría, un átomo de cloro podría remover miles de moléculas de O_3 antes de ser removido del ciclo por otros procesos. Aunque las moléculas y cálculos teóricos no han probado o desaprobado que ha ocurrido destrucción del ozono a través de estos procesos, se ha especulado que de continuar descargándose los freones a la atmósfera, estos ciclos catalíticos podrían destruir desde un 7 a un 20% del ozono. Una destrucción parcial de la capa ultravioleta en la superficie de la Tierra, lo que podría producir un aumento en cáncer de la piel. Este efecto sería más pronunciado en países tropicales y cerca del ecuador. Además, debido a que el ozono transforma la radiación solar en calor, se podrían esperar cambios en la temperatura y climatológicos que afectarían las plantas y animales.

FIGURA 4


50km
a) $O_3 + Cl \longrightarrow O_2 + ClO$
b) $O + ClO \longrightarrow Cl + O_2$
$O + O_3 \longrightarrow O_2 + O_2$
ESTRATÓSFERA
ClO
O
UV
hν
Cl
halocarburos
difusión
lenta
10-15km
circulación
TROPÓSFERA
mayoría halocarburos
son almacenados en
esta capa
emisión
0km
SUPERFICIE

Debido a este peligro latente con el cual podremos enfrentarnos en un futuro cercano, se han tomado varios pasos para aminorar tales efectos. Por ejemplo, en los Estados Unidos se ha prohibido el uso de freones en los aerosoles, aunque en otros países se continúan usando y todavía se siguen usando como refrigerantes. En la actualidad se está pensando eliminarlos completamente del mercado, pero todavía existen una serie de dudas sobre cuan grave es el efecto de los freones en la química de la estratósfera. En específico, luego de una serie de medidas en la estratósfera y del análisis de nuevos experimentos, todavía no existen contestaciones directas y definitivas a las siguientes dudas: (Figura 5).

1. Medidas estratosféricas de ClO dan una concentración mayor que la predicha por la hipótesis de Rowland y Molina.

2. Posibilidad de nuevas reacciones para ClO: $ClO + HO_2$ (radical hidroperóxido) $\longrightarrow$ $HCl + O_3$ en lugar de $ClO + HO_2 \longrightarrow HOCl + O_2$. Al formarse HCl sería una forma de remover átomos de cloro de la estratósfera.

3. Sospechas de que las arenas del desierto pueden remover los freones en la tropósfera.

4. Poco conocimiento sobre el efecto del clima y el transporte sobre las reacciones químicas en la atmósfera.

En este trabajo estamos interesados en estudiar el mecanismo y la importancia de una de las formas de remoción de los freones y otros compuestos polihalogenados en la tropósfera. En específico, nos ha interesado estudiar la posibilidad de fotodescomposición heterogénea de estos contaminantes mientras estén adsorbidos en material particulado y utilizando longitudes de onda mayores de 300 nm. De ocurrir estos procesos implicaría que de adsorberse estos contaminantes en la arena u otro material particulado, una fracción de éstos podría ser destruída antes de llegar a la capa de ozono.

Método Experimental

En el estudio se ha utilizado la técnica de resonancia spín electrónica para la detección de radicales que puedan formarse en el proceso de fotodisociación y de esta forma obtener evidencia si el mecanismo de fotodestrucción heterogénea ocurre a través de un mecanismo de radicales libres.

La preparación de la muestra se lleva a cabo utilizando el sistema de vidrio que aparece en la Figura 6. En el bulbo A colocamos sílice preactiva y en el bulbo B el halocarburo bajo estudio. Una vez se deairea el sistema, se abre la llave dejando de esta forma que el vapor de halocarburo sea adsorbido por la sílice. Para lograr equilibrio en el proceso de adsorción se deja abierta la llave por varias horas. Una vez se ha logrado el equilibrio se vuelve a cerrar la llave y se transfiere una porción de la sílice a los tubos de resonancia de spín electrónica. Estos tubos se sellan al vacío para luego ser expuestos a radiación ultravioleta de longitudes de onda mayores a 300 nm usando un filtro Pyrex para lograr este objetivo (Figura 7). A estas longitudes de onda los compuestos investigados no adsorben, ni en fase gaseosa ni líquida, según podemos apreciar en la misma figura. Nótese que los compuestos comienzan a adsorber a longitudes de onda menores, adsorbidas perfectamente por el filtro. Durante la irradiación las muestras son analizadas para presencia de radicales libres usando un espectrómetro de resonancia spín electrónica.

Resultados y Discusión

Los resultados hasta el presente aparecen en la siguiente tabla.

TABLA I

Resultados obtenidos durante la irradiación de muestras con radiación ultravioleta

Condición de la muestra	Observación
1. halocarburo adsorbido en la sílice irradiado a temperatura de salón.	1. no se observa señal de resonancia spín electrónica (rse)
2. halocarburo irradiado como policristal a 77K.	2. no se observa señal rse
3. halocarburo adsorbido en sílice irradiado a 77K.	3. se observa señal rse
4. sílice pura sin halocarburo irradiada a 298 ó 77K.	4. no se observa rse

Es de interés observar que la señal de resonancia spín electrónica ovservada para los diferentes halocarburos aparece a un valor de g aproximadamente de dos y que evidencia

FIGURA 6

SYSTEM USED FOR

-PREPARATION OF SAMPLES

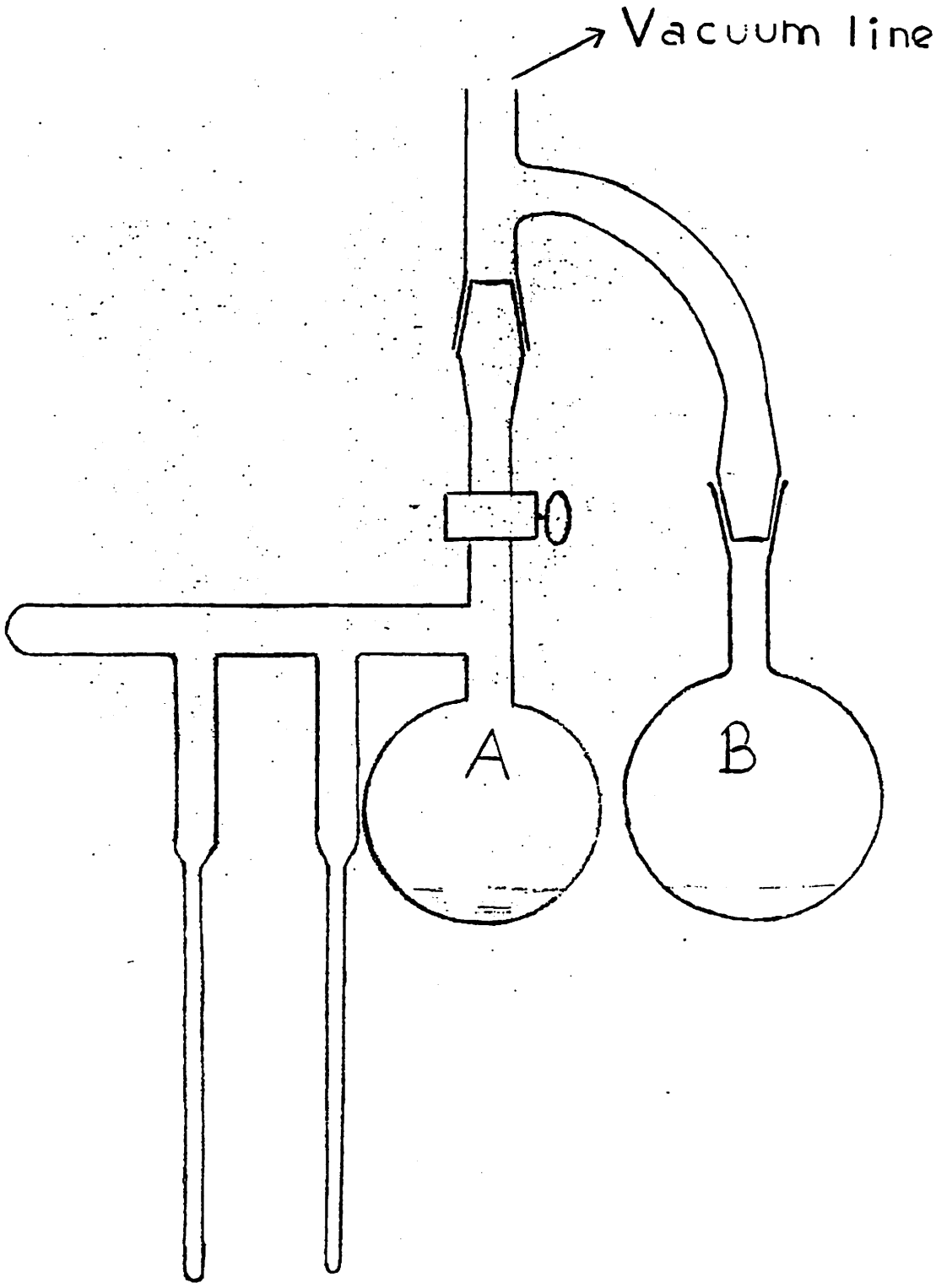
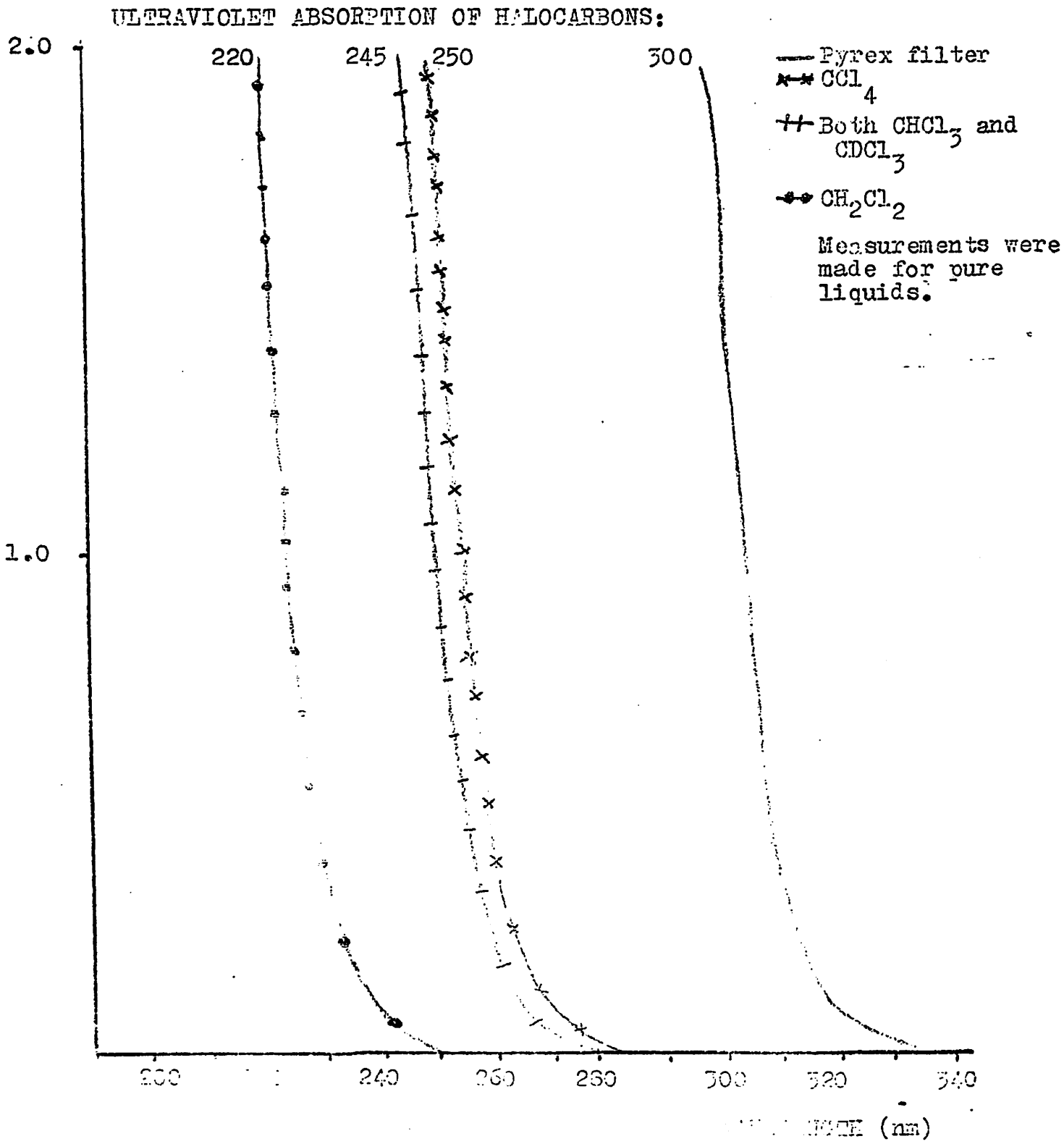


FIGURA 7


ULTRAVIOLET ABSORPTION OF HALOCARBONS:
2.0
1.0
ABSORBANCE
220
245
250
300
Pyrex filter
CCl4
Both CHCl3 and CDCl3
CH2Cl2
Measurements were made for pure liquids.
200
240
260
280
300
320
340
(nm)

estructura hiperfina. Esto es indicativo de la presencia de radicales orgánicos y no de radicales de la sílice o de halógenos. Los radicales observados a 77K desparecen una vez la muestra se calienta a temperatura de salón y no vuelven a aparecer si ésta es vuelta a enfriar a 77K. Esto significa que éstos están adsorbidos y atrapados en la sílice, que son bien reactivos y que una vez son deadsorbidos, se recombinan o reaccionan formando productos no paramagnéticos. El hecho de no observarse radicales en irradiaciones a temperatura de salón lo racionalizamos asumiendo que de éstos ser formados, no son atrapados en la sílice ya que reaccionan inmediatamente con la sílice o con un par germinal o se deadsorben rápidamente, reaccionando en fase gaseosa. El no observarse radicales al irradiar el halocarburo en su forma policristalina a 77K es indicativo de que para que ocurra el proceso de fotodisociación es necesario la adsorción física del halocarburo en la superficie. Tal parece que el proceso de adsorción pueda perturbar e inducir una transición no permitida o no observada en la fase gaseosa o líquida de estos compuestos.

A continuación se discutirán los espectros de rse de diferentes compuestos halogenados adsorbidos en sílice que hemos irradiado bajo las condiciones anteriormente descritas.

1) Iodo metano

Este primer espectro (Figura 8) presenta el espectro típico de resonancia spín electrónica de un radical metilo donde se observa un cuarteto en la razón de intensidades de las líneas de 1:3:3:1 y separadas a 21 Gauss. Estos cuatro picos resultan de la interacción del electrón no pareado del radical con tres protones equivalentes. Se usó este compuesto no por su interés en la química de la atmósfera, sino como prueba del método de preparación debido a lo fácil de la interpretación del espectro del radical metilo.

2) Diclorometano; CH_2Cl_2

Al irradiar por 30 minutos (Figura 9) se observa un espectro de seis líneas con separación entre líneas de 12G que indica la presencia de más de dos radicales adsorbidos, probalemente los radicales CH_2Cl y $CHCl_2$.

3) Triclorometano, $CHCl_3$

Se observa un espectro de cinco líneas (Figura 10) cuyas intensidades están a razón de 1:4:6:4:1 y separadas a 21 Gauss. Usando computadoras hemos simulado el espectro teórico del radical diclorometilo, $CHCl_2$, el cual coincide favorablemente con el encontrado experimentalmente.(Fig.11). En el presente estamos usando este tipo de análisis teórico al

FIGURA 8

ESR SPECTRUM DUE TO PHOTOLYSIS OF CH_3I

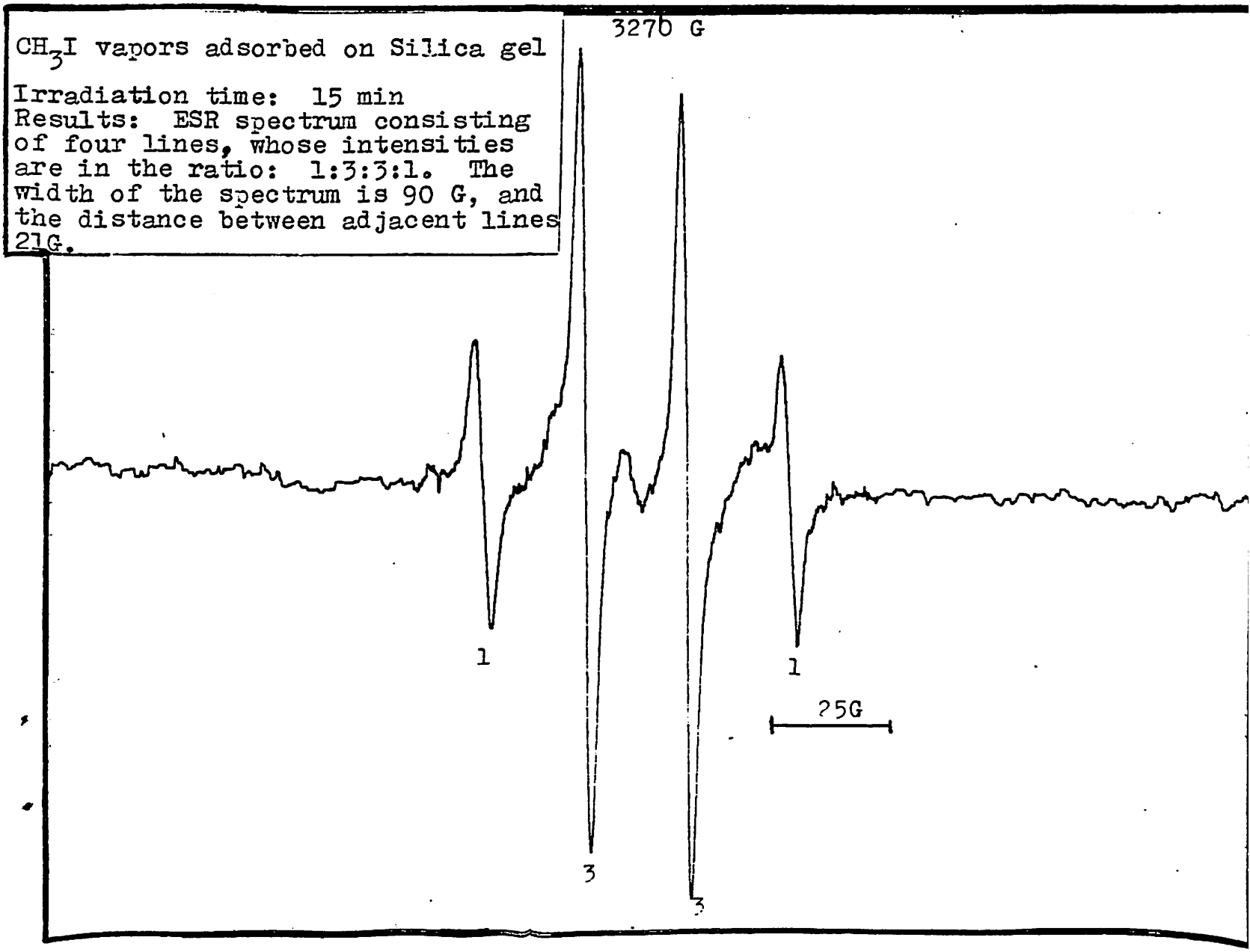
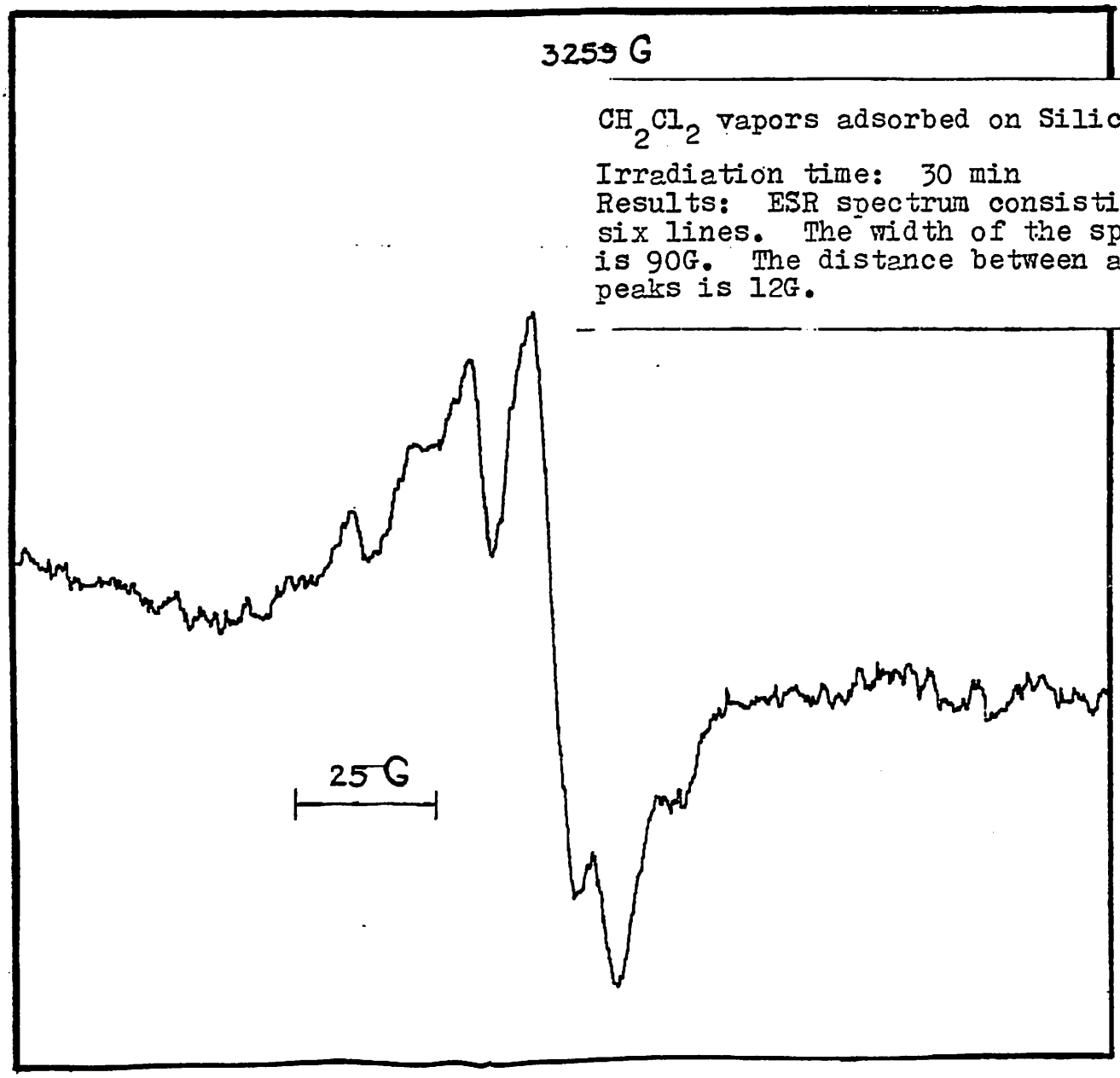


FIGURA 9

ESR SPECTRUM DUE TO PHOTOLYSIS OF CH_2Cl_2

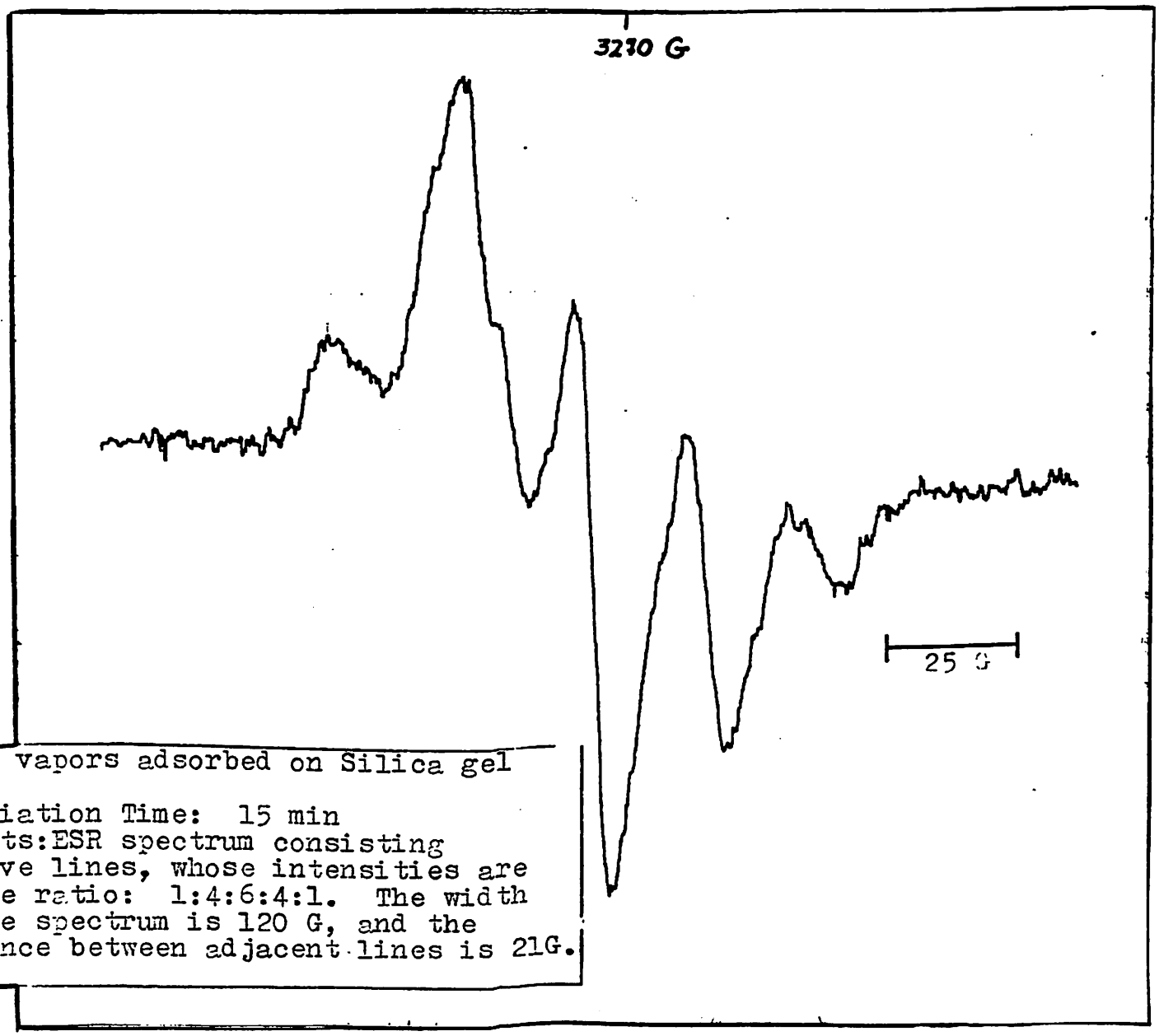


CH_2Cl_2 vapors adsorbed on Silica gel

Irradiation time: 30 min
Results: ESR spectrum consisting of six lines. The width of the spectrum is 90G. The distance between adjacent peaks is 12G.

FIGURA 10

ESR SPECTRUM DUE TO PHOTOLYSIS OF $CHCl_3$



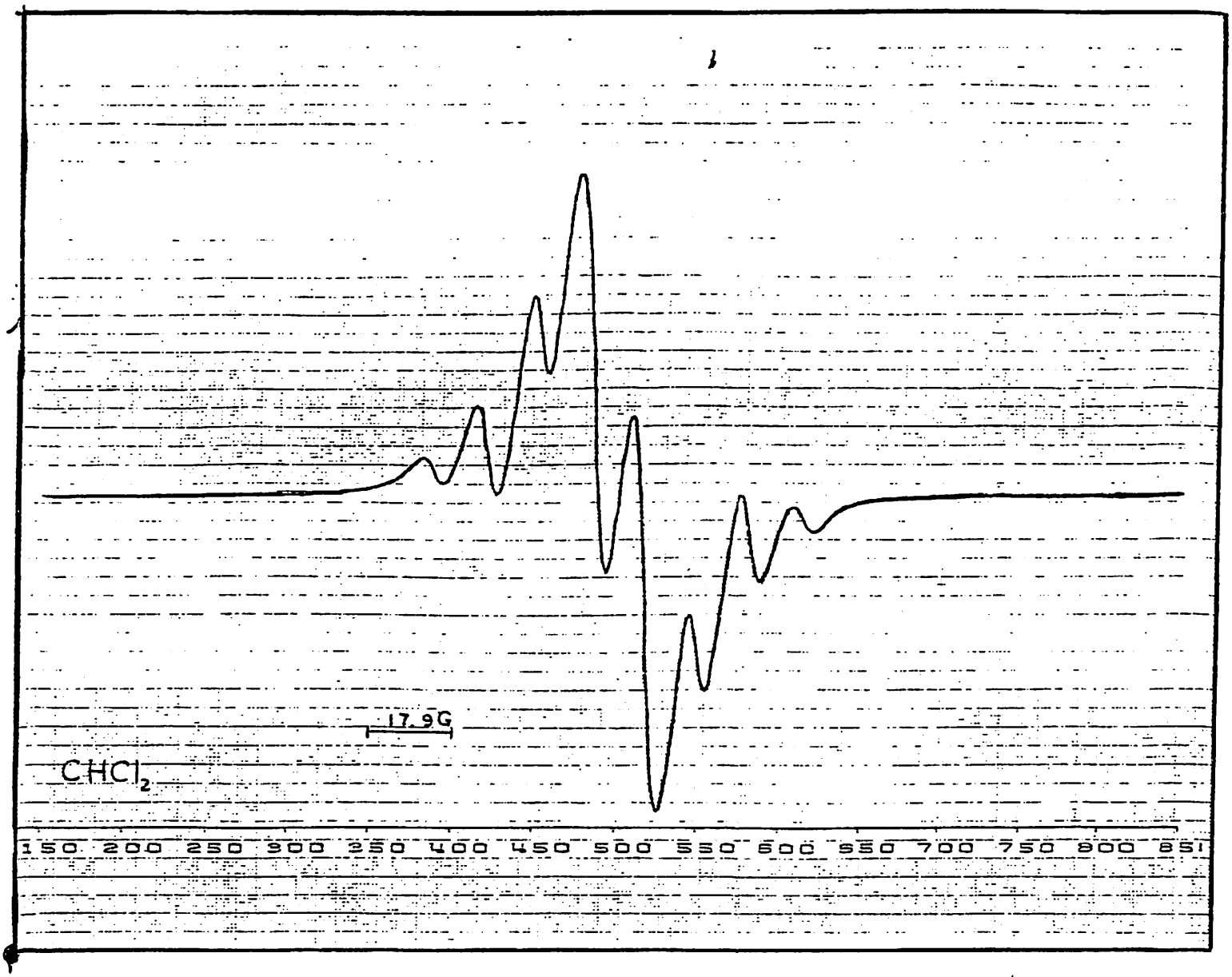
$CHCl_3$ vapors adsorbed on Silica gel

Irradiation Time: 15 min
Results: ESR spectrum consisting of five lines, whose intensities are in the ratio: 1:4:6:4:1. The width of the spectrum is 120 G, and the distance between adjacent lines is 21G.

FIGURA 11

SIMULATED ESR SPECTRUM

$\dot{C}HCl_2$



igual que sustitución isotópica de hidrógeno por deuterio para ayudarnos en el análisis de estos espectros complejos.

4) Tetracloruro de carbono: CCl_4

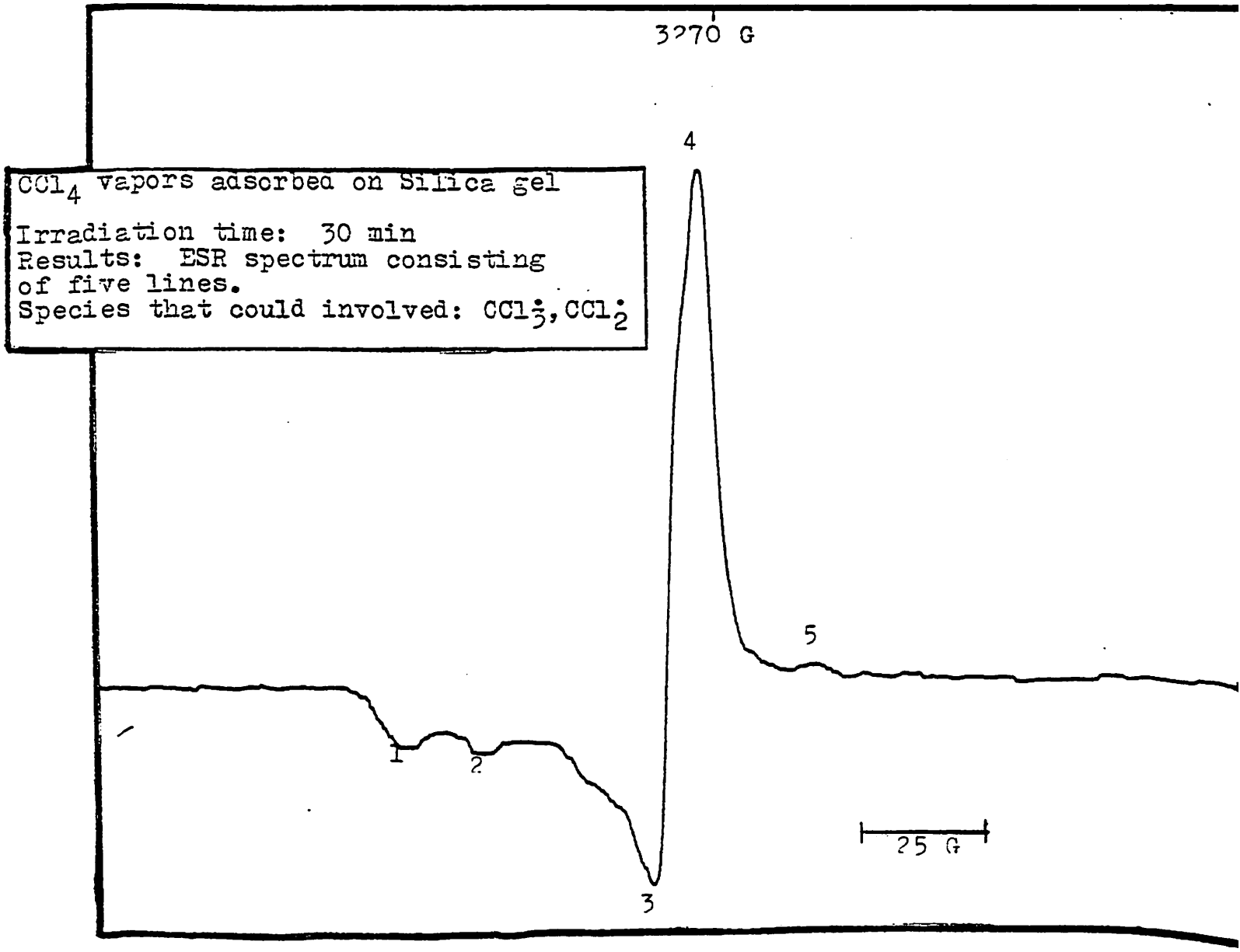
Se observa un espectro asimétrico (Figura 12) de una sola línea debido a la interacción anisotópica del electrón sin parear con átomos de cloro y este espectro se atribuye al radical triclorometilo basándose en la comparación de este espectro con espectros publicados en la literatura para el radical triclorometilo.

Conclusión

Estos resultados señalan la posible fotodestrucción heterogénea de esta familia de contaminantes polihalogenados. Esto puede implicar una nueva forma de remoción de estos compuestos del ambiente. A través de estos estudios aportamos información que nos ayude a entender la química de la tropósfera y las diferentes rutas de remoción de los contaminantes.

FIGURA 12

ESR SPECTRUM DUE TO PHOTOLYSIS OF CCl_4



Esta publicación se terminó de reproducir en
octubre de 1980, en los Talleres Gráficos
de la Oficina de Educación y Publicaciones,
Departamento de Recursos Naturales
San Juan, Puerto Rico